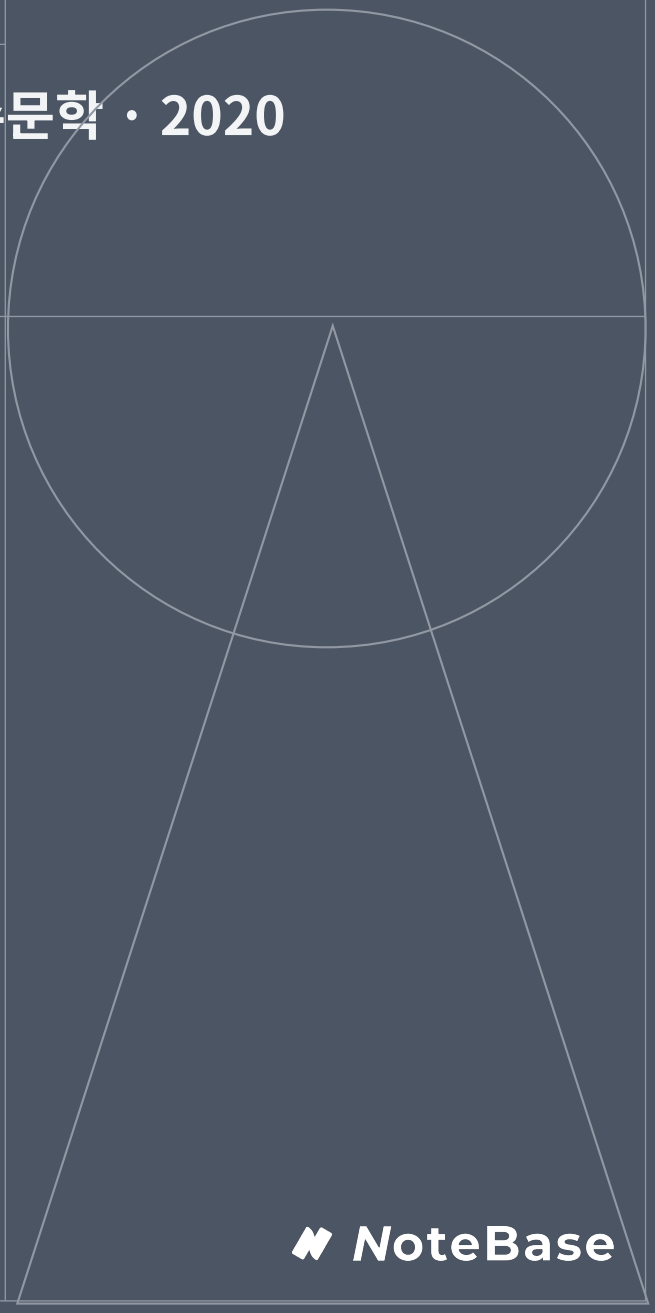
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2020



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2020

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2020

문 1. 정상 부등류(steady non-uniform flow)를 나타내는 표현으로 옳은 것은? (단, 유속 $\vec{V}$는 x 방향 1차원 공간에서 발생하는 것으로 가정하여 시간 t에서 다음의 함수로 나타낼 수 있다)

$$\vec{V} = \vec{V}(x, t)$$

① $\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} = 0,\ \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = 0$
② $\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} \neq 0,\ \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = 0$
③ $\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} = 0,\ \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} \neq 0$
④ $\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} \neq 0,\ \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} \neq 0$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 정상류와 부정류를 가르는 시간 변화 조건, 등류와 부등류를 가르는 공간 변화 조건을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

정상류는 한 지점에서 시간이 지나도 유속이 변하지 않는 흐름이므로 $\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = 0$이다.
부등류는 같은 시각에 위치가 달라지면 유속이 달라지는 흐름이므로 $\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} \neq 0$이다.
따라서 정상 부등류는 시간에 대해서는 일정하고 공간에 대해서는 변하는 흐름이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
$\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} = 0$이면 위치에 따라 유속이 변하지 않으므로 부등류가 아니라 등류이다. 틀린 부분은 $\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} = 0$이다.
올바르게는 정상 부등류는 $\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} \neq 0$, $\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = 0$이다.

② O
$\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} \neq 0$은 위치에 따른 변화가 있다는 뜻이어서 부등류이고, $\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = 0$은 시간에 따른 변화가 없다는 뜻이어서 정상류이다. 정상 부등류의 정의와 일치한다.

③ X
$\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} = 0$이면 등류이고, $\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} \neq 0$이면 부정류이다. 틀린 부분은 두 조건 모두이다. 올바르게는 정상 부등류는 공간적으로는 변하고 시간적으로는 변하지 않는다.

④ X
$\frac{\partial \vec{V}}{\partial x} \neq 0$이라서 부등류 조건은 맞지만, $\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} \neq 0$이면 정상류가 아니라 부정류이다. 틀린 부분은 $\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} \neq 0$이다.
올바르게는 정상 부등류에서는 $\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} = 0$이어야 한다.

오답 포인트

정상과 부등류를 둘 다 '변한다'는 느낌으로 묶어 버리면 ④를 고르기 쉽다. 정상은 시간축 판단이고, 부등류는 공간축 판단이라는 구분을 놓치면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $\frac{\partial}{\partial t}$ 항을 보고 정상류인지 부정류인지 판단하고, 그다음 $\frac{\partial}{\partial x}$ 항을 보고 등류인지 부등류인지 판단하면 된다. 시간축과 공간축을 분리하면 선지가 바로 정리된다.

암기 포인트

정상은 시간불변 $\frac{\partial}{\partial t} = 0$, 부등류는 공간변화 $\frac{\partial}{\partial x} \neq 0$이다.

NoteBase

문 2. ㉠ ~ ㉢에 들어갈 말을 바르게 연결한 것은?

개수로에서 수로의 경사가 한계경사보다 급하여 사류 상태로 흐르는 흐름은 (㉠)이 (㉡)보다 크고, 수심은 한계수심보다 (㉢).

① (㉠): 점성력, (㉡): 관성력, (㉢): 작다

② (㉠): 관성력, (㉡): 점성력, (㉢): 크다

③ (㉠): 관성력, (㉡): 중력, (㉢): 작다

④ (㉠): 관성력, (㉡): 중력, (㉢): 크다

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 사류와 한계류를 구분하는 기준인 관성력·중력의 상대적 크기와 한계수심 대비 실제 수심의 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

사류는 개수로 흐름에서 관성력의 영향이 중력보다 큰 흐름이다.
한계수심은 한계류가 되는 수심이고, 사류에서는 실제 수심이 한계수심보다 작다.
점성력은 층류·난류나 레이놀즈수 판단과 더 직접적으로 연결되는 개념이므로, 사류·상류 구분의 직접 기준으로 쓰지 않는다.

NoteBase

선지별 해설

① X
ㄱ과 ㄴ을 점성력, 관성력으로 연결한 부분이 틀리다. 사류 여부는 관성력과 중력의 상대적 크기로 판단한다.
따라서 '점성력이 관성력보다 크다'가 아니라 '관성력이 중력보다 크다'로 고쳐야 한다. ㄷ의 '작다'는 맞지만 앞부분이 틀려 오답이다.

② X
'관성력이 점성력보다 크다'는 진술은 사류의 직접 판정 기준이 아니다.
또한 사류의 수심은 한계수심보다 크지 않고 작다. 따라서 '점성력'은 '중력'으로, '크다'는 '작다'로 고쳐야 한다.

③ O
사류는 관성력이 중력보다 큰 흐름이므로 ㄱ은 관성력, ㄴ은 중력으로 연결된다.
또한 사류에서는 실제 수심이 한계수심보다 작으므로 ㄷ은 '작다'가 맞다.

④ X
관성력이 중력보다 크다는 연결은 맞다.
하지만 사류의 수심은 한계수심보다 큰 것이 아니라 작다. 따라서 '크다'를 '작다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

사류를 층류·난류 판단과 섞어서 점성력을 끌어오면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 '힘의 비교 대상'을 점성력으로 바꾸거나, 사류인데도 수심을 한계수심보다 크다고 뒤집는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

개수로에서 사류·상류를 묻는 문항은 먼저 프루드수 개념을 떠올려 관성력과 중력의 비교 문제인지 확인한다.
사류이면 관성력 > 중력, 수심 < 한계수심으로 바로 연결하면 된다.

암기 포인트

사류는 관성력 우세, 수심은 한계수심보다 작다.

NoteBase

문 3. 정수역학에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 정수역학은 전단응력과 수직응력 중 전단응력만을 고려한다.

② 물속 한 점에서의 압력은 밀도, 중력가속도, 깊이에 의해 결정된다.

③ 정수압만 고려한다면 비압축성 액체의 압력은 수면으로부터 깊어질수록 선형적으로 증가한다.

④ 밀폐된 시스템 내 유체의 한 점에서 가해진 압력의 변화는 시스템 내 유체의 모든 곳에서 동일하게 나타나며, 이러한 원리를 파스칼의 원리라 한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 정수역학에서의 응력 상태와 정수압의 기본 성질을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

정수역학은 정지한 유체의 압력 분포와 힘의 전달을 다루는 분야이며, 정지 유체에는 전단응력이 작용하지 않고 수직응력인 압력만 작용한다.
정수압은 같은 유체에서 깊이가 깊어질수록 증가하며, 비압축성 유체에서는 자유수면으로부터의 깊이에 비례하여 선형적으로 커진다.
파스칼의 원리는 밀폐된 유체에 가한 압력 변화가 유체 전체에 동일하게 전달된다는 성질이다.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 '전단응력만을 고려한다'는 표현이다. 정수역학에서는 유체가 정지해 있으므로 전단응력은 0으로 보고, 실제로는 수직응력인 압력만 고려한다.
② O: 정지 유체의 한 점에서의 압력은 유체 밀도, 중력가속도, 자유수면으로부터의 깊이에 의해 결정된다. 기본적인 정수압 관계는 $p = \rho g h$ 형태로 이해한다.
③ O: 비압축성 액체에서 정수압만 고려하면 압력은 깊이에 비례하여 증가하므로 수면에서 멀어질수록 선형적으로 커진다.
④ O: 밀폐된 시스템에서 한 점에 가한 압력 변화가 유체 전체에 동일하게 전달된다는 설명은 파스칼의 원리를 정확히 말한 것이다.

오답 포인트

정수역학과 유체운동을 혼동하면 '유체에도 응력이 있으니 전단응력도 작용한다'고 오해하기 쉽다. 이 문항은 유체 일반의 응력 개념과 정지 유체의 응력 상태를 일부러 바꿔 놓은 ①의 표현을 잡아내는지가 핵심이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

정수역학 문제가 나오면 먼저 유체가 정지 상태인지 확인하고, 정지 상태라면 전단응력은 배제하고 압력만 남긴다. 그다음 압력의 깊이 의존성과 파스칼의 원리처럼 정수압의 기본 성질을 대입해 선지를 판단한다.

암기 포인트

정수역학은 전단응력 0, 압력만 존재, 압력은 깊이에 비례, 밀폐유체 압력 변화는 전체에 동일 전달이다.

NoteBase

문 4. 어떤 유역에서 측정된 10분 간격의 강우 기록이 표와 같을 때, 지속기간 30분에 대한 최대강우량 [mm] **과 최대강우강도** [mm/hr]**는?**

시간 (min)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
강우량 (mm)	2	10	6	8	4	6	6	3	2	2	1	1

① 최대강우량: 24, 최대강우강도: 48

② 최대강우량: 20, 최대강우강도: 40

③ 최대강우량: 16, 최대강우강도: 32

④ 최대강우량: 12, 최대강우강도: 24

정답 1번

출제 포인트

10분 간격 강우자료에서 지속기간 30분의 최대강우량을 이동합으로 구하고, 이를 시간당 강우강도로 환산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 10분 간격 강우량은 2, 10, 6, 8, 4, 6, 6, 3, 2, 2, 1, 1이다.
구해야 할 값: 지속기간 30분의 최대강우량과 최대강우강도이다.
주의할 조건: 30분은 10분 자료 3개를 연속해서 더해야 하고, 강우강도는 30분 강우량을 1시간 기준으로 환산해야 한다.

사용할 공식

최대강우량은 연속 3개 구간의 이동합으로 구한다.
$P_{30,\max} = \max(P_i + P_{i+1} + P_{i+2})$
최대강우강도는
$I_{30,\max} = \frac{P_{30,\max}}{30/60}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 지속기간 30분이 10분 단위 3개 구간에 해당하고, 강우강도는 해당 강우량을 시간 기준으로 환산한 값이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

연속된 30분 강우량을 차례로 구하면 10~30분은 2+10+6=18, 20~40분은 10+6+8=24, 30~50분은 6+8+4=18, 40~60분은 8+4+6=18, 50~70분은 4+6+6=16, 60~80분은 6+6+3=15, 70~90분은 6+3+2=11, 80~100분은 3+2+2=7, 90~110분은 2+2+1=5, 100~120분은 2+1+1=4이다.
이 중 최댓값은 20~40분 구간의 24이다.
따라서 최대강우량은 24이다.
최대강우강도는 $\frac{24}{30/60} = \frac{24}{0.5} = 48$
이므로 48이다.

선지별 해설

① O
20~40분 구간의 30분 강우량이 10+6+8=24로 가장 크고, 이를 시간당으로 환산하면 48이다. 제시된 최대강우량 24와 최대강우강도 48이 계산 결과와 일치한다.

② X
틀린 표현은 "최대강우량이 20이고 최대강우강도가 40이다"이다. 올바르게는 "최대강우량은 24이고 최대강우강도는 48이다"이다. 20과 40은 연속 3구간의 이동합 전체를 비교하지 못하고 최댓값보다 작은 값을 택했을 때 나오는 오답이다.

③ X
틀린 표현은 "최대강우량이 16이고 최대강우강도가 32이다"이다. 올바르게는 "50~70분 구간의 강우량은 16이고 강우강도는 32이지만 최대값은 아니다"이다. 실제 최대는 20~40분 구간의 24와 48이다.

④ X
틀린 표현은 "최대강우량이 12이고 최대강우강도가 24이다"이다. 올바르게는 "최대강우량은 24이고 최대강우강도는 48이다"이다. 이 선지는 30분 이동합과 시간환산을 모두 잘못 적용한 경우의 오답이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 30분을 연속된 10분 자료 3개로 묶어야 한다는 점과, 강우량을 구한 뒤 다시 시간당 강우강도로 환산해야 한다는 점이다. ③처럼 실제로 존재하는 30분 구간값 16을 보고도 "최대" 여부를 확인하지 않으면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

지속기간이 주어지는 강우 문제는 먼저 자료 간격이 몇 개인지 확인하고, 그 개수만큼 연속 이동합을 전부 구한 뒤 최댓값을 찾는다. 그 다음 강우강도는 강우량/지속시간(시간)으로 환산해 검산하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

지속기간 30분은 10분 자료 3개 이동합이고, 강우강도는 $I = P/t$이다.

NoteBase

문 5. 관수로 흐름에서 최대유속이 관의 중심부에서 발생하고, 최대유속에 대한 평균유속의 비를 관계수라 할 때, 흐름에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 흐름이 난류보다 층류일 때 관 벽면에서 전단응력은 더 크다.

② 관의 중심부에서 전단응력이 가장 작다.

③ 흐름이 층류보다 난류일 때 관계수가 더 크다.

④ Reynolds 수가 동일하면 관의 상대조도가 클수록 관계수는 작아진다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 관수로 완전발달 흐름에서 속도분포, 벽면 전단응력, 관계수의 변화를 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

층류: 점성력이 지배하여 속도분포가 포물선형인 흐름이다 / 결정 차이축: 속도분포의 평탄도 / 키워드: 포물선형, $V/U_{max} = 0.5$
난류: 와류 혼합이 활발하여 속도분포가 비교적 평탄한 흐름이다 / 결정 차이축: 벽면 근처의 운동량 교환 / 키워드: 큰 벽면전단응력, 큰 관계수
관계수: 평균유속을 최대유속으로 나눈 값 V/U_{max}이다 / 결정 차이축: 값이 클수록 평균유속이 최대유속에 더 가깝다 / 키워드: 층류 < 난류

선지별 해설

1번: X. 같은 관 조건에서 난류는 벽면 근처의 운동량 교환이 커서 관 벽면 전단응력이 층류보다 크다. 틀린 표현은 '층류일 때 관 벽면에서 전단응력은 더 크다'이고, 올바르게는 '난류일 때 관 벽면 전단응력이 더 크다'이다.
2번: O. 관의 중심부에서는 속도구배가 0이므로 전단응력도 0이 되어 가장 작다.
3번: O. 층류는 $V/U_{max} = 0.5$이고 난류는 속도분포가 더 평탄하여 평균유속이 최대유속에 더 가까우므로 관계수가 더 크다.
4번: O. Reynolds 수가 같을 때 상대조도가 커지면 벽면의 거칠기 영향이 커져 속도분포가 덜 균일해지고 V/U_{max}가 작아지므로 관계수는 감소한다.

오답 포인트

벽면전단응력과 관계수의 변화를 따로 보지 않고 막연히 난류가 더 불규칙하니 모든 값이 작다고 연결하면 1번 같은 선지에 걸리기 쉽다. 난류는 벽면전단응력은 커지고, 평균유속은 최대유속에 더 가까워진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 중심부 전단응력은 0이라는 점을 확인하고, 다음으로 속도분포가 평탄할수록 V/U_{max}가 커진다고 연결하면 층류와 난류를 빠르게 구별할 수 있다.

암기 포인트

층류는 포물선형이라 $V/U_{max} = 0.5$, 난류는 분포가 평탄하여 관계수가 더 크고 벽면전단응력도 더 크다.

NoteBase

문 6. 피압대수층 내에 설치된 두 개 우물 사이의 간격이 $200m$이고 우물 내 지하수의 수두를 측정한 결과 각각 $50m$와 $30m$일 때, 피압대수층을 통하여 흐르는 유량$[m^3/s]$은? (단, 대수층의 깊이와 폭은 각각 $5m$와 $40m$이며, 투수계수는 $0.01m/s$, 지하수 흐름은 정상 일방향 흐름이다)

① 0.10

② 0.12

③ 0.15

④ 0.20

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 피압대수층의 정상 1방향 흐름에 Darcy 법칙을 적용하여 유량 Q를 구하는 문제이다.

조건 정리

우물 간 거리 $L = 200m$이다.
두 우물의 수두는 각각 50, 30이므로 수두차는 $\Delta h = 20m$이다.
투수계수는 $K = 0.01m/s$이다.
대수층 두께와 폭은 각각 $5m$, $40m$이므로 흐름 단면적은 $A = 5 \times 40 = 200m^2$이다.

사용할 공식

사용 공식은 $Q = KiA = K\left(\frac{\Delta h}{L}\right)A$이다.
정상 1방향 지하수 흐름에서는 투수계수, 수리경사, 흐름 단면적의 곱으로 유량을 구한다.

계산 과정

1. 수리경사는 $i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{50-30}{200} = 0.1$이다.
2. 흐름 단면적은 $A = 5 \times 40 = 200m^2$이다.
3. 따라서 유량은 $Q = KiA = 0.01 \times 0.1 \times 200 = 0.20m^3/s$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 선지의 값 $0.10m^3/s$가 틀렸다. Darcy 법칙에 따른 계산값은 $0.20m^3/s$이므로 올바르게는 $0.20m^3/s$이어야 한다.
2번 X: 선지의 값 $0.12m^3/s$가 틀렸다. 수리경사와 단면적을 정확히 적용하면 $Q = 0.20m^3/s$이므로 이 값으로는 맞지 않는다. 올바르게는 $0.20m^3/s$이다.
3번 X: 선지의 값 $0.15m^3/s$가 틀렸다. 피압대수층의 두께와 폭을 모두 곱한 단면적 $200m^2$를 써야 하므로 계산 결과는 $0.20m^3/s$이다. 올바르게는 $0.20m^3/s$이다.
4번 O: $Q = 0.20m^3/s$로 계산되므로 맞는 선지이다.

오답 포인트

수두차 $20m$를 거리 $200m$로 나누어 수리경사를 먼저 만든 뒤, 피압대수층의 흐름 단면적을 두께 × 폭으로 잡아야 한다. 두께만 쓰거나 폭만 쓰면 단면적이 줄어 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

피압대수층 유량 문제는 먼저 $\Delta h/L$로 수리경사를 구하고, 다음에 단면적 A =두께×폭을 만든 뒤, 마지막에 $Q = KiA$를 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

피압대수층의 정상 1방향 유량은 $Q = K(\Delta h/L)A$이며, 단면적 A는 두께×폭이다.

NoteBase

문 7. 수심에 비해 하폭이 충분히 넓고 하상 경사가 0.001로 완만한 개수로에서 수심 $4m$인 등류 흐름이 발생할 때, 마찰속도 $[m/s]$는? (단, 중력가속도는 $10m/s^2$이다)

① 0.12

② 0.16

③ 0.20

④ 0.24

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 광폭 개수로의 등류에서 윤변에 비해 하폭이 충분히 크면 동수반지름 R을 수심 h로 보고, 마찰속도 u_*를 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값: 수심 $h = 4m$, 하상 경사 $S = 0.001$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 마찰속도 u_*이다.
주의할 조건: 하폭이 충분히 넓은 개수로이므로 $R \approx h$이고, 등류이므로 에너지경사는 하상 경사와 같다고 본다.

사용할 공식

마찰속도는 $u_* = \sqrt{gRS}$ 이다.
광폭 개수로에서는 $R \approx h$이므로 $u_* = \sqrt{ghS}$ 로 계산한다.

계산 과정

1. 광폭 개수로이므로 동수반지름은 $R \approx h = 4m$이다.
2. 공식에 대입하면 $u_* = \sqrt{10m/s^2 \times 4m \times 0.001} = \sqrt{0.04m^2/s^2}$ 이다.
3. 따라서 $u_* = 0.20m/s$이다.

선지 판단

1번 X: 제시값 0.12는 계산 결과 0.20과 다르다. 올바른 값은 0.20이다.
2번 X: 제시값 0.16은 공식 대입 후 제곱근 계산 결과와 맞지 않는다. 올바른 값은 0.20이다.
3번 O: 계산 결과가 0.20이므로 정답에 해당한다.
4번 X: 제시값 0.24는 계산 결과보다 크다. 올바른 값은 0.20이다.

NoteBase

오답 포인트

광폭 개수로라는 조건을 놓치면 R을 수심과 다르게 잡아 틀리기 쉽다. 또한 gRS를 계산한 뒤 마지막 제곱근을 빠뜨리거나 잘못 계산하면 오답 선지 쪽으로 흔들리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

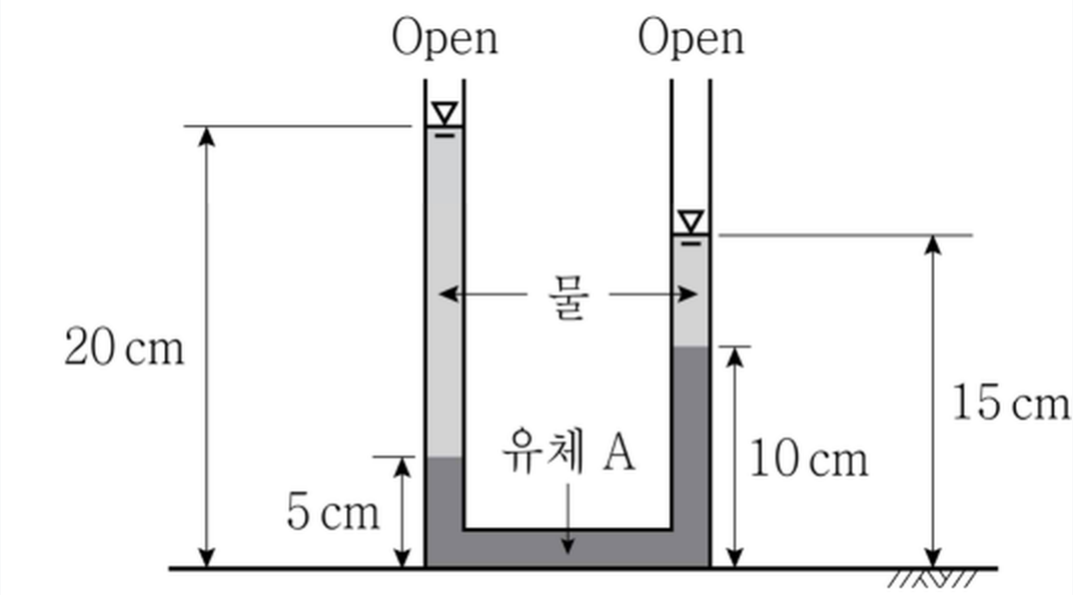
광폭 개수로의 등류 계산형은 먼저 $R \approx h$ 여부를 확인하고, 다음에 $u_* = \sqrt{gRS}$를 적용한 뒤 최종 단위가 m/s인지까지 검산하면 된다.

암기 포인트

광폭 개수로 등류의 마찰속도는 $u_* = \sqrt{ghS}$로 바로 계산된다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 U자형 관에 두 가지 유체가 담겨 있다. 관 내의 모든 지점에서 유속이 0인 평형상태일 때, 유체 A의 단위중량 [kN/m^3]은?



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 U자관의 정수압 평형을 이용해 유체 A의 단위중량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:

왼쪽 자유수면 높이 20 cm, 왼쪽 물-유체 A 경계면 높이 5 cm이다.

오른쪽 자유수면 높이 15 cm, 오른쪽 물-유체 A 경계면 높이 10 cm이다.

구해야 할 값: 유체 A의 단위중량 γ_A이다.

주의할 조건: 양쪽 자유수면은 모두 대기와 접하므로 자유수면 압력은 같고, 같은 유체 내부에서는 아래로 갈수록 압력이 γh만큼 증가한다.

NoteBase

사용할 공식

사용 공식은 $p = p_0 + \gamma h$이다.
같은 높이의 같은 유체점에서는 압력이 같고, 서로 다른 높이의 같은 유체점은 높이차만큼 압력차가 생긴다.
이 문제는 위쪽에 물, 아래쪽에 유체 A가 들어 있는 정지 유체 평형상태이므로 각 경계면의 압력을 구한 뒤 유체 A 내부의 압력차로 연결하면 된다.

계산 과정

왼쪽 경계면의 압력은 자유수면에서 15 cm 아래이므로 $p_L = p_{atm} + \gamma_w \times 15$이다.
오른쪽 경계면의 압력은 자유수면에서 5 cm 아래이므로 $p_R = p_{atm} + \gamma_w \times 5$이다.
왼쪽 경계면은 오른쪽 경계면보다 5 cm 더 아래에 있으므로 유체 A 내부에서 $p_L = p_R + \gamma_A \times 5$가 된다.
따라서
$p_{atm} + \gamma_w \times 15 = p_{atm} + \gamma_w \times 5 + \gamma_A \times 5$
$\gamma_A \times 5 = \gamma_w \times 10$
$\gamma_A = 2\gamma_w$
물의 단위중량을 $\gamma_w \approx 9.8 kN/m^3$로 두면
$\gamma_A \approx 19.6 kN/m^3 \approx 20 kN/m^3$
가 된다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 약 $20 kN/m^3$이므로 $5 kN/m^3$는 맞지 않는다. 틀린 표현은 단위중량이 5라는 값이며, 올바르게는 약 $20 kN/m^3$이다.
2번 X: 계산 결과는 약 $20 kN/m^3$이므로 $10 kN/m^3$는 맞지 않는다. 이 값은 물과 같은 단위중량으로 착각하거나 높이차를 한쪽만 반영할 때 나올 수 있다. 올바르게는 물의 2배인 약 $20 kN/m^3$이다.
3번 X: 계산 결과는 약 $20 kN/m^3$이므로 $15 kN/m^3$는 맞지 않는다. 이 값은 경계면 높이차 5 cm와 물기둥 차 10 cm의 비를 정확히 쓰지 못했을 때 생긴다. 올바르게는 $\gamma_A = 2\gamma_w$이다.
4번 O: 정수압 평형으로 구하면 $\gamma_A \approx 19.6 kN/m^3$이고 보기에서는 $20 kN/m^3$에 해당하므로 옳다.

오답 포인트

물기둥 높이를 바닥부터 바로 비교하면 틀리기 쉽다. 각 경계면에서의 압력을 먼저 구한 뒤, 두 경계면의 높이차 5 cm를 유체 A의 압력차로 연결해야 한다. 자유수면 높이 20 cm와 15 cm만 보고 단순히 5 cm 차이로 처리하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

U자관 계산형 문제는 자유수면 압력을 같게 두고 각 경계면 압력을 구한 다음, 같은 유체 내부의 높이차로 압력평형식을 세우는 순서로 판단한다. 바닥 기준 높이가 아니라 각 유체기둥의 실제 높이와 경계면의 상대적 높이차를 연결하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

개방 U자관은 경계면 압력을 맞추고, 같은 유체에서는 $\Delta p = \gamma \Delta h$로 연결하면 된다.

NoteBase

문 9. 2차원 비압축성 흐름에서 x, y 성분별 유속이 각각 $u = 4x$, $v = -4y$일 때, 이 유속장에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 연속방정식을 만족한다.

② 흐름은 물리적으로 존재하는 것이 불가능하다.

③ $x = 1$인 지점에서 x방향 가속도 a_x는 0이 아니다.

④ 비회전류 조건을 만족한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 속도장 $u = 4x$, $v = -4y$를 미분하여 비압축성 조건, 가속도 성분, 비회전류 조건을 판별하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $u = 4x$, $v = -4y$이다.
확인할 값은 연속방정식 만족 여부, x방향 가속도 a_x, 비회전류 조건 만족 여부이다.
정상 2차원 유동으로 보면 $a_x = u\partial u/\partial x + v\partial u/\partial y$, 와도는 $\partial v/\partial x - \partial u/\partial y$로 판단할 수 있다.

사용할 공식

비압축성 2차원 연속방정식은 $\partial u/\partial x + \partial v/\partial y = 0$이다.
x방향 가속도는 $a_x = u\partial u/\partial x + v\partial u/\partial y$이다.
비회전류 조건은 $\partial v/\partial x - \partial u/\partial y = 0$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 각 선지가 각각 연속조건, 가속도, 회전 유무를 묻고 있기 때문이다.

계산 과정

1. $\partial u/\partial x = 4$, $\partial v/\partial y = -4$이므로 $\partial u/\partial x + \partial v/\partial y = 4 - 4 = 0$이다.
2. $\partial u/\partial y = 0$, $\partial v/\partial x = 0$이므로 와도는 $0 - 0 = 0$이다.
3. $a_x = u\partial u/\partial x + v\partial u/\partial y = (4x)(4) + (-4y)(0) = 16x$이다.
4. $x = 1$에서 $a_x = 16$이므로 0이 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① O
연속방정식 값이 0이므로 비압축성 조건을 만족한다. 따라서 ①은 옳다.

② X
이 속도장은 연속방정식을 만족하고 성분도 매끄럽게 정의되어 있으므로 물리적으로 존재 불가능하다고 볼 근거가 없다. 틀린 표현은 "존재하는 것이 불가능하다"이고, 올바르게는 "비압축성 유동으로 성립할 수 있다"이다.

③ O
$a_x = 16x$이므로 $x = 1$에서 $a_x = 16$이다. 따라서 x방향 가속도는 0이 아니어서 ③은 옳다.

④ O
$\partial v/\partial x - \partial u/\partial y = 0$이므로 회전이 없다. 따라서 비회전류 조건을 만족하므로 ④는 옳다.

오답 포인트

②는 비압축성 조건을 만족하지 못하면 물리적으로 성립하지 않는다는 인상과 섞어 헷갈리기 쉽다. 이 문항은 실제로 $\partial u/\partial x + \partial v/\partial y = 0$이므로 먼저 연속조건을 계산하면 ②를 바로 걸러낼 수 있다. ③은 a_x를 단순히 u와 혼동하거나 $\partial u/\partial y = 0$만 보고 전체 가속도가 0이라고 오해하면 틀리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

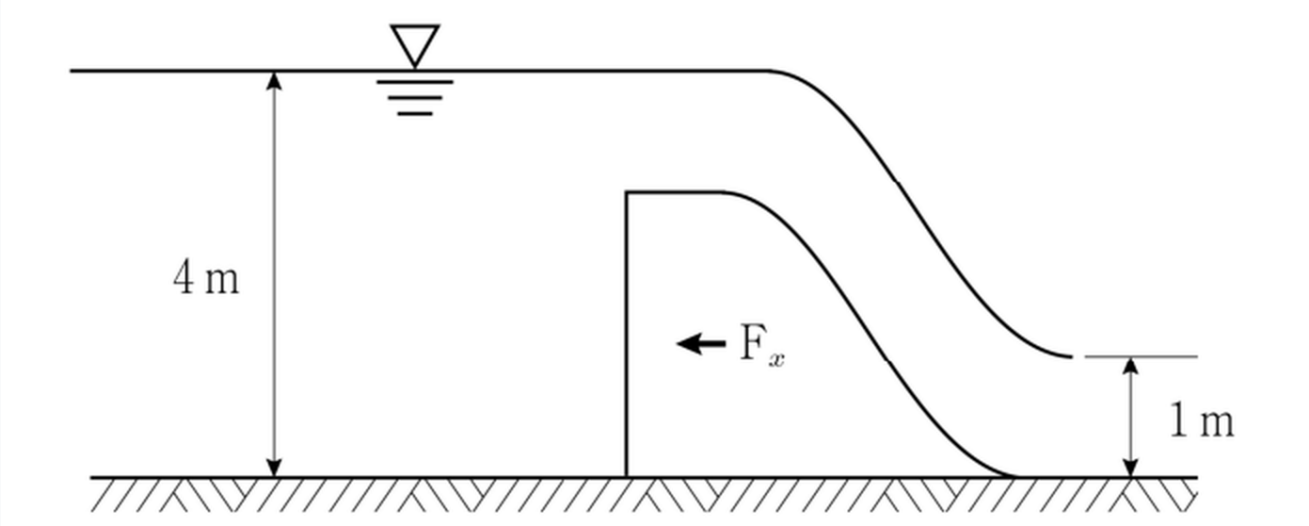
속도장이 주어지면 먼저 $\partial u/\partial x$, $\partial v/\partial y$, $\partial u/\partial y$, $\partial v/\partial x$를 바로 구한다. 그다음 연속방정식, 와도식, 가속도식을 순서대로 대입하면 비압축성 여부, 비회전 여부, 가속도 부호를 빠르게 판단할 수 있다.

암기 포인트

2차원 속도장은 $\partial u/\partial x + \partial v/\partial y$로 비압축성, $\partial v/\partial x - \partial u/\partial y$로 비회전, $u\partial u/\partial x + v\partial u/\partial y$로 a_x를 본다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 댐 여수로 위로 물이 월류하며 단위폭당 유량이 $4m^3/s/m$일 때, 단위폭당 댐에 작용하는 힘의 수평성분 $F_x[t/m]$는?



① 4.9

② 5.3

③ 5.9

④ 6.3

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 월류 여수로의 상류·하류 단면에 대한 비력 차를 이용하여 단위폭당 댐에 작용하는 수평력 F_x를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 단위폭당 유량 $q = 4m^2/s$, 상류 수심 $y_1 = 4m$, 하류 수심 $y_2 = 1m$이다.
구해야 할 값: 단위폭당 댐에 작용하는 수평력 F_x이다.
주의할 조건: 정수압 차이만 보는 것이 아니라 운동량 변화까지 함께 반영해야 한다.

사용할 공식

$F_x = \gamma\left[\left(\frac{y_1^2}{2} + \frac{q^2}{gy_1}\right) - \left(\frac{y_2^2}{2} + \frac{q^2}{gy_2}\right)\right]$
여기서 $\frac{y^2}{2} + \frac{q^2}{gy}$는 개수로 단위폭당 비력이다.
이 공식을 쓰는 이유: 월류 전후 두 단면의 비력 차가 댐에 작용하는 수평력과 대응하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 상류 단면의 비력을 계산한다.
$\frac{y_1^2}{2} + \frac{q^2}{gy_1} = \frac{4^2}{2} + \frac{4^2}{9.8 \times 4} = 8 + 0.408 = 8.408$
2. 하류 단면의 비력을 계산한다.
$\frac{y_2^2}{2} + \frac{q^2}{gy_2} = \frac{1^2}{2} + \frac{4^2}{9.8 \times 1} = 0.5 + 1.633 = 2.133$
3. 두 단면의 비력 차를 구한다.
$8.408 - 2.133 = 6.276$
4. 물의 단위중량 $\gamma = 9.8 kN/m^3$를 곱한다.
$F_x = 9.8 \times 6.276 = 61.5 kN/m$
5. 이를 t/m로 환산한다.
$F_x = \frac{61.5}{9.8} = 6.28 t/m \approx 6.3 t/m$

선지별 해설

① X: 계산 결과 $F_x = 6.28 t/m$이므로 $4.9 t/m$는 맞지 않는다. 수압 차이와 운동량 변화를 모두 반영한 최종값과 일치하지 않는다. 틀린 값 $4.9 t/m$ → 올바르게는 $6.3 t/m$이다.
② X: 비력 차를 정확히 계산하면 $5.3 t/m$가 아니라 $6.3 t/m$이 된다. 중간 계산을 단순화하거나 일부 항을 빠뜨린 값으로 보아야 한다. 틀린 값 $5.3 t/m$ → 올바르게는 $6.3 t/m$이다.
③ X: 정답에 가까워 보여도 정확한 계산값 $6.28 t/m$와 다르므로 오답이다. 운동량 항과 단위 환산을 끝까지 적용하면 $5.9 t/m$가 아니라 $6.3 t/m$이 된다. 틀린 값 $5.9 t/m$ → 올바르게는 $6.3 t/m$이다.
④ O: 비력 차에 단위중량을 곱해 계산하면 $F_x = 6.28 t/m \approx 6.3 t/m$이므로 옳다.

오답 포인트

상류 수심 $4m$와 하류 수심 $1m$의 정수압 차이만 보고 끝내면 운동량 변화항 $\frac{q^2}{gy}$를 빠뜨리기 쉽다. 또한 단위폭당 유량 $4 m^3/s/m$는 $q = 4 m^2/s$로 써야 하며, 마지막에 kN/m를 t/m로 환산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

여수로·수문에 작용하는 수평력을 묻는 문제는 먼저 단위폭당 유량을 q로 정리하고, 상류·하류 단면의 비력 $\frac{y^2}{2} + \frac{q^2}{gy}$를 각각 구한 뒤 그 차에 물의 단위중량을 곱하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

개수로의 단위폭당 수평력은 '비력 차 × 단위중량'으로 정리된다. 즉
$F_x = \gamma[(y_1^2/2 + q^2/(gy_1)) - (y_2^2/2 + q^2/(gy_2))]$이다.

NoteBase

문 11. 원형 관수로 흐름에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 난류흐름에서 층류저층의 두께 δ가 조도 높이 e보다 6배 이상 크면 그 흐름은 거친 관 흐름이다.

② 층류흐름에서 평균유속 V를 알면 관로 내 중심선으로부터 r의 위치에 있는 유속 $u(r)$를 구할 수 있다.

③ 난류흐름에서 관 중심에서의 유속 u_c에 대한 평균유속 V의 비는 1보다 작은 값을 갖는다.

④ 에너지 보정계수는 난류보다 층류의 경우에 더 크다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 원관 내 층류·난류의 속도분포와 수리적으로 매끈한 관·거친 관의 구분 기준을 함께 묻는 문제이다.

핵심 개념

층류저층과 조도의 관계가 관의 수리적 거칠기를 결정한다. 점성저층 두께를 δ, 조도 높이를 e라 할 때 δ가 e보다 충분히 크면 조도가 점성저층 안에 묻혀 수리적으로 매끈한 관으로 본다.
층류의 원관 유속분포는 포물선이며 중심 유속이 최대이고 평균유속은 그보다 작다.
에너지 보정계수는 속도분포가 불균일할수록 커지므로 층류에서 난류보다 더 크다.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 \"층류저층의 두께 δ가 조도 높이 e보다 6배 이상 크면 거친 관 흐름\"이라는 표현이다. 실제로는 δ/e가 충분히 크면 조도가 점성저층 안에 묻혀 수리적으로 매끈한 관 흐름이 된다. 거친 관 흐름은 조도가 점성저층 밖으로 돌출하여 조도의 영향이 직접 나타날 때이다.
② O: 층류 원관 흐름의 속도분포는 포물선이므로 평균유속 V를 알면 반지름 R에 대해 위치 r의 유속 $u(r) = 2V(1 - r^2/R^2)$로 구할 수 있다.
③ O: 난류에서도 관 중심 유속 u_c가 단면 평균유속 V보다 크므로 V/u_c는 1보다 작은 값을 가진다.
④ O: 에너지 보정계수는 속도분포의 비균일성을 반영한다. 층류는 분포가 더 불균일하여 $\alpha = 2$이고, 난류는 분포가 비교적 평탄하여 α가 1에 더 가깝다.

오답 포인트

①은 조도와 층류저층의 대소관계를 뒤집어 놓은 선지이다. 수험생이 \"6배\"라는 수치만 기억하고 방향을 놓치면 매끈한 관과 거친 관을 반대로 판단하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

조도 문제는 먼저 조도가 점성저층 안에 묻히는지 밖으로 돌출하는지를 본다. 묻히면 수리적으로 매끈하고, 돌출하면 거칠다. 속도분포 문제는 층류는 포물선, 난류는 중심이 최대이지만 더 평탄하다는 점으로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

조도 < 점성저층이면 매끈한 관, 층류는 포물선 분포, 에너지 보정계수는 층류가 더 크다.

NoteBase

문 12. 수심의 20%, 60%, 80%가 되는 각 지점의 유속과 소단면의 단면적이 표와 같을 때, 전체 단면을 통과하는 유량$[m^3/s]$은?

소단면		1	2	3
유속(m/s)	$V_{0.2}$	0.5	0.8	1.2
	$V_{0.6}$	0.3	0.7	0.7
	$V_{0.8}$	0.1	0.6	0.6
단면적(m^2)		3	6	10

① 8.6

② 13.1

③ 16.3

④ 18.7

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 각 소단면의 3점 유속관측값으로 평균유속을 구한 뒤, 소단면별 유량을 합산하여 전체 유량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

소단면 1: $V_{0.2}=0.5$, $V_{0.6}=0.3$, $V_{0.8}=0.1$, 단면적 $A_1=3m^2$이다.
소단면 2: $V_{0.2}=0.8$, $V_{0.6}=0.7$, $V_{0.8}=0.6$, 단면적 $A_2=6m^2$이다.
소단면 3: $V_{0.2}=1.2$, $V_{0.6}=0.7$, $V_{0.8}=0.6$, 단면적 $A_3=10m^2$이다.
구해야 할 값은 전체 단면을 통과하는 유량 $Q[m^3/s]$이다.

사용할 공식

각 소단면의 평균유속은 3점법으로 $\bar{V}=\frac{V_{0.2}+2V_{0.6}+V_{0.8}}{4}$를 사용한다.
전체 유량은 $Q=\sum(\bar{V}_iA_i)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 수심의 20%, 60%, 80% 지점 유속이 주어졌으므로 3점법 평균유속 공식을 적용하는 상황이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 소단면 1의 평균유속은 $\bar{V}_1 = \frac{0.5 + 2(0.3) + 0.1}{4} = 0.3 m/s$이고, 유량은 $Q_1 = 0.3 \times 3 = 0.9 m^3/s$이다.
2. 소단면 2의 평균유속은 $\bar{V}_2 = \frac{0.8 + 2(0.7) + 0.6}{4} = 0.7 m/s$이고, 유량은 $Q_2 = 0.7 \times 6 = 4.2 m^3/s$이다.
3. 소단면 3의 평균유속은 $\bar{V}_3 = \frac{1.2 + 2(0.7) + 0.6}{4} = 0.8 m/s$이고, 유량은 $Q_3 = 0.8 \times 10 = 8.0 m^3/s$이다.
4. 따라서 전체 유량은 $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0.9 + 4.2 + 8.0 = 13.1 m^3/s$이다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과 전체 유량은 $13.1 m^3/s$이므로 8.6은 맞지 않는다. 틀린 표현은 "전체 유량이 8.6"이라는 수치이고, 올바르게는 전체 유량은 $13.1 m^3/s$이다.
2번 O: 소단면별 평균유속을 3점법으로 구해 면적을 곱한 뒤 합산하면 $13.1 m^3/s$가 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.
3번 X: 계산 결과와 비교하면 16.3은 과대계산된 값이다. 틀린 표현은 "전체 유량이 16.3"이라는 수치이고, 올바르게는 전체 유량은 $13.1 m^3/s$이다.
4번 X: 계산 결과와 비교하면 18.7은 맞지 않는다. 틀린 표현은 "전체 유량이 18.7"이라는 수치이고, 올바르게는 전체 유량은 $13.1 m^3/s$이다.

오답 포인트

수심별 유속을 바로 더하거나 단순평균하면 틀린다. 이 문제의 함정은 각 소단면에서 먼저 3점법 평균유속을 구해야 한다는 점과, 그다음에 반드시 소단면적을 곱해 유량으로 바꾼 뒤 합산해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

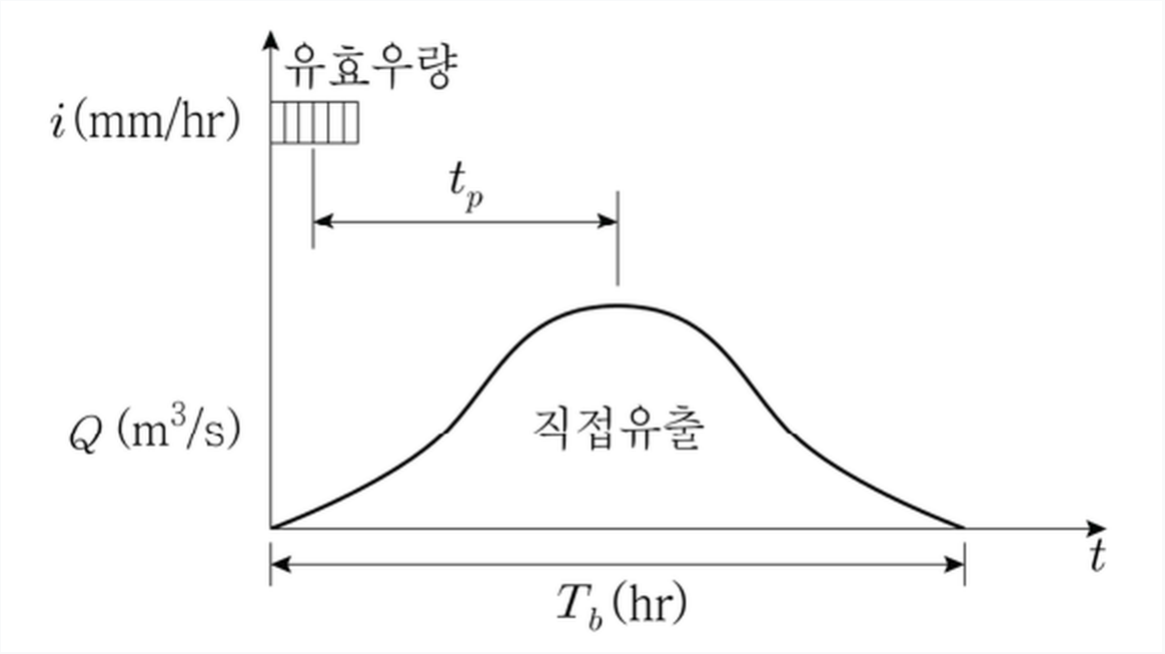
유속관측형 계산문제는 먼저 관측 지점 수에 맞는 평균유속 공식을 정하고, 다음으로 소단면별 유량 $\bar{V} \times A$를 계산한 뒤, 마지막에 전체 유량을 합산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

3점법은 $\bar{V} = \frac{V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8}}{4}$, 전체 유량은 소단면별 $\bar{V}A$의 합이다.

NoteBase

문 13. 특정 시간 동안 균일한 강도의 강우가 어떤 유역 전체에 걸쳐 균등하게 내린 유효우량으로 인한 직접유출 수문곡선이 그림과 같을 때, 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 유역의 수문시스템은 선형이며, 시간은 불변이다)



① 유효강우의 지속기간이 같으면 기저시간 T_b는 강우강도에 관계없이 일정하다.

② 유효우량의 강도가 2배 증가하면 직접유출의 종거도 2배가 된다.

③ 직접유출 수문곡선의 시간적 분포는 유역의 선행강우에 따라 다르다.

④ 유효우량이 1cm라면 직접유출 수문곡선은 단위유량도와 같다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 도식에 제시된 유효우량과 직접유출 수문곡선의 관계를 보고, 선형·시간불변 유역에서 단위유량도의 비례성, 시간분포의 불변성, 단위유량도의 정의를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 O: 유효강우의 지속기간이 같으면 같은 지속시간의 단위유량도 계열로 해석하므로 T_b는 강우강도가 아니라 지속기간과 유역특성에 의해 정해진다. 유효우량의 크기가 달라져도 수문곡선의 시간축 길이는 일정하게 본다.
2번 O: 유역 시스템이 선형이면 입력인 유효우량이 2배가 될 때 출력인 직접유출의 각 시각 유량과 총유출량도 2배가 된다. 유효우량 강도의 2배 증가는 직접유출의 종거를 2배로 키우므로 옳다.
3번 X: 틀린 표현은 '직접유출 수문곡선의 시간적 분포는 유역의 선행강우에 따라 다르다'이다. 이 문제는 이미 유효우량이 주어졌고 유역의 수문시스템이 선형이며 시간불변이라고 했으므로, 같은 유효우량 지속기간에 대한 직접유출 수문곡선의 시간적 분포는 선행강우가 아니라 유역특성과 지속시간에 의해 결정된다. 올바르게는 '같은 지속기간의 유효우량에 대한 직접유출 수문곡선의 시간적 분포는 선행강우와 무관하게 일정하다'이다.
4번 O: 유효우량이 $1cm$이면 그 직접유출 수문곡선은 해당 지속시간에 대한 단위유량도와 같다. 단위유량도는 단위 깊이의 유효우량이 만드는 직접유출 수문곡선의 정의이므로 옳다.

오답 포인트

선행강우는 실제 유효우량 산정 과정에는 영향을 줄 수 있지만, 이 문항은 이미 유효우량을 확정해 놓고 선형·시간불변 가정을 둔 상태이다. 이 조건을 놓치면 선행강우가 직접유출 수문곡선의 시간분포까지 바꾼다고 오해하여 3번을 옳다고 보기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 발문이 '옳지 않은 것'인지 확인한 뒤, 문제에 유효우량이 이미 주어졌는지와 선형·시간불변 가정이 있는지를 본다. 이 두 조건이 있으면 유효우량 크기 변화는 수문곡선의 크기만 비례적으로 바꾸고, $1cm$ 유효우량은 단위유량도이며, 같은 지속기간에서는 시간분포가 유지된다고 판단한다.

암기 포인트

단위유량도는 $1cm$ 유효우량의 직접유출 수문곡선이고, 선형성은 크기를 비례시키며, 시간불변성은 같은 지속기간에서 모양과 시간축을 유지한다.

NoteBase

문 14. 댐 파이핑에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 댐 상류 저수지의 물이 댐 본체나 기초지반으로 스며들어 이동하는 현상이다.

② 기초지반 내에서 중력에 역행하는 흐름은 공동현상에 의해 발생한다.

③ 널말뚝 차수벽이나 점토를 이용한 불투수 블랭킷(blanket)을 설치하여 예방할 수 있다.

④ 구조물의 부등침하나 전도 등의 위험을 초래할 수 있다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 댐 파이핑의 의미, 발생 원인, 방지 대책과 공동현상·모세관현상의 구별을 묻는다.

핵심 개념

파이핑은 침투수가 제체나 기초지반 내부의 토립자를 밖으로 끌고 나가면서 물길이 점차 발달하는 현상이다.
공동현상은 유속 증가로 압력이 낮아져 기포가 생겼다가 붕괴하는 캐비테이션 현상이다.
모세관현상은 표면장력 때문에 물이 중력에 거슬러 가늘고 작은 틈을 따라 상승하는 현상이다.

선지별 해설

1번 O: 댐 상류 저수지의 물이 댐 본체나 기초지반으로 스며들어 침투 흐름을 만들고 토립자를 유출시키는 것이 파이핑이므로 맞는 설명이다.
2번 X: 틀린 표현은 "공동현상"이다. 기초지반 내에서 중력에 역행하는 물의 상승은 공동현상이 아니라 모세관현상에 해당한다. 파이핑은 공동현상 때문에 생기는 것이 아니라 침투력과 큰 동수경사 때문에 토립자가 유출되면서 발생한다.
3번 O: 널말뚝 차수벽과 점토 블랭킷은 침투 경로를 길게 하거나 투수성을 낮춰 동수경사를 줄이므로 파이핑 방지 대책으로 맞다.
4번 O: 파이핑이 진행되면 기초지반이 세굴되고 지지력이 약해져 구조물의 부등침하나 전도 등의 위험을 초래할 수 있으므로 맞다.

오답 포인트

2번의 "중력에 역행하는 흐름"이라는 표현만 보면 물의 상승 현상을 떠올려 맞는 말처럼 보이지만, 그 현상을 설명하는 개념은 공동현상이 아니라 모세관현상이다. 파이핑은 저압 기포 붕괴가 아니라 침투수에 의한 토립자 유출이라는 점을 구별해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

댐 침투 문제는 먼저 원인을 구분한다. 침투수가 흙을 끌고 나가면 파이핑, 저압으로 기포가 생겼다가 붕괴하면 공동현상, 표면장력으로 물이 올라가면 모세관현상이다. 차수벽이나 블랭킷처럼 침투를 줄이거나 동수경사를 낮추는 대책은 파이핑 방지로 판단한다.

암기 포인트

파이핑은 침투수의 토립자 유출, 공동현상은 저압 기포 붕괴, 모세관현상은 중력에 거슬러 물이 상승하는 현상이다.

NoteBase

문 15. 댐의 여수로 설계를 위하여 축척이 λ인 수리모형실험을 할 때, 원형에서의 홍수량이 Q라면 모형실험의 홍수량은?

① λQ
② $\lambda^{1.5}Q$
③ $\lambda^{2}Q$
④ $\lambda^{2.5}Q$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 여수로와 같은 자유수면 흐름 수리모형에서 프루드 상사를 적용할 때 유량 축척이 $\lambda^{5/2}$가 된다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 원형의 홍수량이 Q이다.
구해야 할 값: 축척이 λ인 모형실험의 홍수량이다.
주의할 조건: 여수로는 중력의 영향이 지배적인 자유수면 흐름이므로 프루드 상사를 적용한다.

사용할 공식

길이 축척이 λ이면 단면적 축척은 λ^{2}, 속도 축척은 프루드 상사에 따라 $\lambda^{1/2}$이다.
따라서 유량 축척은
$Q_r = A_r V_r = \lambda^{2} \cdot \lambda^{1/2} = \lambda^{5/2}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 여수로 흐름이 압력관 흐름이 아니라 자유수면 흐름이어서 관성력과 중력의 비를 같게 두는 프루드 상사가 기준이 되기 때문이다.

계산 과정

1. 길이 축척이 λ이므로 면적 축척은 λ^{2}이다.
2. 프루드 상사에서 속도 축척은 $\lambda^{1/2}$이다.
3. 따라서 모형 유량은
$Q_m = \lambda^{2} \cdot \lambda^{1/2} Q = \lambda^{5/2} Q = \lambda^{2.5} Q$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: λQ는 길이 축척만 한 번 반영한 값이어서 유량의 차원을 전혀 맞추지 못한다. 유량은 면적과 속도가 함께 반영되어야 하므로 올바르게는 $\lambda^{2.5}Q$이다.
② X: $\lambda^{1.5}Q$는 속도 축척 $\lambda^{1/2}$에 길이 축척 λ만 곱한 형태로, 단면적 축척 λ^2를 빠뜨린 값이다. 올바르게는 $\lambda^2 \times \lambda^{1/2} = \lambda^{2.5}$가 된다.
③ X: $\lambda^2 Q$는 단면적 축척만 반영하고 속도 축척 $\lambda^{1/2}$를 누락한 값이다. 올바른 표현은 $\lambda^{2.5}Q$이다.
④ O: 자유수면 흐름의 프루드 상사에서 유량 축척은 $\lambda^2 \times \lambda^{1/2} = \lambda^{2.5}$이므로 모형실험의 홍수량은 $\lambda^{2.5}Q$이다.

오답 포인트

유량을 길이 하나의 지수로만 외우면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 단면적 축척 λ^2와 속도 축척 $\lambda^{1/2}$를 따로 보지 않고, λ, $\lambda^{1.5}$, λ^2처럼 일부만 반영한 값을 고르게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

여수로, 월류, 개수로처럼 자유수면 흐름이 보이면 먼저 프루드 상사를 떠올린다. 그다음 유량은 면적 × 속도이므로 $\lambda^2 \times \lambda^{1/2} = \lambda^{5/2}$ 순서로 조합하면 된다.

암기 포인트

자유수면 수리모형의 유량 축척은 프루드 상사로 $Q_r = \lambda^{5/2}$이다.

NoteBase

문 16. 폭이 $5m$인 직사각형 단면 수로에 유량 $10\sqrt{20}m^3/s$의 물이 흐를 때, 이 수로의 최소비에너지$[m]$는? (단, 중력가속도는 $10m/s^2$이다)

① 2

② 3

③ 4

④ 5

정답 2번

출제 포인트

직사각형 단면 수로에서 단위폭 유량으로 임계수심을 구한 뒤 최소비에너지 E_{min}를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 폭 $b = 5m$, 유량 $Q = 10\sqrt{20}m^3/s$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 최소비에너지 $E_{min}[m]$이다.
주의할 조건: 직사각형 수로의 최소비에너지는 임계수심에서 발생하므로 먼저 단위폭 유량 $q = Q/b$를 구해야 한다.

사용할 공식

직사각형 수로에서는 $q = Q/b, y_c = (q^2/g)^{1/3}, E_{min} = \frac{3}{2}y_c$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유: 최소비에너지는 임계상태에서의 비에너지이므로 임계수심 y_c를 먼저 구하면 바로 E_{min}를 계산할 수 있다.

계산 과정

1. 단위폭 유량은 $q = Q/b = 10\sqrt{20}/5 = 2\sqrt{20}m^2/s$이다.
2. 임계수심은 $y_c = (q^2/g)^{1/3} = ((2\sqrt{20})^2/10)^{1/3} = (80/10)^{1/3} = 8^{1/3} = 2m$이다.
3. 최소비에너지는 $E_{min} = \frac{3}{2}y_c = \frac{3}{2} \times 2 = 3m$이다.

선지별 해설

① X: $2m$는 임계수심 y_c 값이다. 틀린 표현은 최소비에너지를 임계수심과 같게 본 점이며, 올바르게는 최소비에너지가 $3m$이다.
② O: 계산 결과 최소비에너지는 $3m$이므로 옳다.
③ X: $4m$는 계산 결과보다 $1m$ 크게 본 값이다. 틀린 표현은 최소비에너지를 $4m$로 본 점이며, 올바르게는 $3m$이다.
④ X: $5m$는 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 최소비에너지를 $5m$로 본 점이며, 올바르게는 $3m$이다.

NoteBase

오답 포인트

최소비에너지와 임계수심을 같은 값으로 착각하면 ①로 흐르기 쉽다. 이 문제의 함정은 y_c를 구한 뒤 $E_{min}=\frac{3}{2}y_c$를 한 번 더 적용해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 수로의 최소비에너지 문제는 $Q \rightarrow q=Q/b \rightarrow y_c=(q^2/g)^{1/3} \rightarrow E_{min}=\frac{3}{2}y_c$ 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

직사각형 수로에서는 임계수심 y_c를 구한 뒤 최소비에너지를 $E_{min}=1.5y_c$로 바로 연결한다.

NoteBase

문 17. 유량이 $10m^3/s$인 직사각형 수로에서 도수가 발생되어 도수 전과 후의 수심이 각각 $2m$와 $10m$일 때, 도수로 인해 손실된 에너지양$[kW]$은?

① 440

② 540

③ 640

④ 740

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직사각형 수로의 도수에서 손실수두를 구한 뒤 이를 단위시간당 손실에너지로 환산할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 유량은 $Q = 10m^3/s$, 도수 전 수심은 $y_1 = 2m$, 도수 후 수심은 $y_2 = 10m$이다.
구해야 할 값: 도수로 인해 손실된 에너지양 $[kW]$이다.
주의할 조건: 먼저 도수 손실수두 ΔE를 구하고, 그다음 $\gamma Q \Delta E$로 전력 형태의 손실에너지로 바꾼다.

사용할 공식

직사각형 수로의 도수 손실수두는 $\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2}$ 이다.
손실된 에너지양은 $P = \gamma Q \Delta E$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 도수 전후의 수심이 직접 주어졌으므로 직사각형 수로 도수의 표준 손실수두식을 바로 적용할 수 있다.

계산 과정

1. 손실수두를 구하면 $\Delta E = \frac{(10-2)^3}{4 \times 2 \times 10} = \frac{512}{80} = 6.4m$ 이다.
2. 손실된 에너지양은 $P = \gamma Q \Delta E$ 이므로 물의 단위중량을 보통 $\gamma \approx 10kN/m^3$로 두면
$P = 10 \times 10 \times 6.4 = 640kW$ 이다.
3. 따라서 보기 중 일치하는 값은 640이다.

선지 판단

1번 X: 440은 계산 결과 640과 다르다. 틀린 부분은 수치 440이며, 올바르게는 손실 에너지양이 640이다.
2번 X: 540은 계산 결과 640과 다르다. 틀린 부분은 수치 540이며, 올바르게는 손실 에너지양이 640이다.
3번 O: 도수 손실수두가 $6.4m$이고 이를 $\gamma Q \Delta E$로 환산하면 640이므로 옳다.
4번 X: 740은 계산 결과 640과 다르다. 틀린 부분은 수치 740이며, 올바르게는 손실 에너지양이 640이다.

NoteBase

오답 포인트

도수 문제에서 수심차 ($y_2 - y_1$)만 보고 바로 에너지양으로 넘어가면 틀린다. 먼저 손실수두 공식을 적용해야 하며, 마지막에만 γQ를 곱해 [kW]로 바꾼다.

다시 나오면 이렇게 판단

도수 계산형 문제는 수심 두 개가 주어지면 먼저 직사각형 수로의 손실수두식 적용 여부를 확인하고, ΔE를 구한 뒤 $\gamma Q \Delta E$로 전력 환산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

직사각형 수로 도수 손실은 $\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4 y_1 y_2}$, 에너지양 환산은 $\gamma Q \Delta E$이다.

NoteBase

문 18. 안지름이 2m이고 길이가 150m인 주철관을 설치하여 $8m^3/s$의 유량을 송수할 때, 에너지 경사는? (단, 마찰계수 $f=0.5$, $\pi=4$, 중력가속도는 $10m/s^2$이다)

① 0.005

② 0.01

③ 0.05

④ 0.1

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 관수로의 마찰손실식으로 에너지 경사 S를 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 관지름 $D=2m$
- 관길이 $L=150m$
- 유량 $Q=8m^3/s$
- 마찰계수 $f=0.5$
- 중력가속도 $g=10m/s^2$

구해야 할 값:
- 에너지 경사 S

주의할 조건:
- $\pi=4$이므로 단면적은 $A=\pi D^2/4=4m^2$이다.
- 에너지 경사는 길이당 손실수두이므로 $S=h_f/L=fV^2/(2gD)$로 계산한다.

사용할 공식

$A=\pi D^2/4$, $V=Q/A$, $S=\frac{h_f}{L}=f\frac{V^2}{2gD}$이다.

이 공식을 쓰는 이유:

주어진 값이 관의 지름, 유량, 마찰계수이므로 먼저 평균유속을 구한 뒤 Darcy-Weisbach 식을 길이당 손실 형태로 적용하면 바로 에너지 경사가 나온다.

계산 과정

1. 단면적은 $A=\pi D^2/4=4\times 2^2/4=4m^2$이다.
2. 평균유속은 $V=Q/A=8/4=2m/s$이다.
3. 에너지 경사는 $S=fV^2/(2gD)=0.5\times 2^2/(2\times 10\times 2)=2/40=0.05$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 계산 결과 에너지 경사는 0.05이므로 0.005는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "에너지 경사가 0.005"이고, 올바르게는 "에너지 경사는 0.05"이다. 이 값은 분모 $2gD$를 실제보다 크게 처리한 계산 실수에서 나온다.

② X

- 평균유속 $V = 2m/s$를 대입하면 $S = 0.05$이므로 0.01은 성립하지 않는다.
- 틀린 표현은 "에너지 경사가 0.01"이고, 올바르게는 "에너지 경사는 0.05"이다. 이 값은 단면적이나 유속을 잘못 계산해 유속을 실제보다 작게 잡을 때 나오는 오답이다.

③ O

- $A = 4m^2$, $V = 2m/s$, $S = 0.5 \times 4/(40) = 0.05$이므로 옳다.
- 에너지 경사는 관길이 전체 손실수두를 길이로 나눈 값이며, 이 문제의 계산 결과와 정확히 일치한다.

④ X

- 0.1은 정답 0.05의 두 배이므로 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "에너지 경사가 0.1"이고, 올바르게는 "에너지 경사는 0.05"이다. 이 값은 식의 분모 $2gD$에서 2를 빠뜨려 $fV^2/(gD)$로 계산할 때 생기는 오답이다.

오답 포인트

유량으로 바로 경사를 구하려 하거나, 단면적 $A = \pi D^2/4$ 계산을 생략하면 유속이 틀어져 오답이 된다. 특히 $\pi = 4$라는 조건 때문에 단면적이 정확히 $4m^2$로 떨어진다는 점과, 에너지 경사가 $fV^2/(2gD)$라는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

관수로 계산형은 먼저 A와 V를 구하고, 그다음 손실수두식에서 길이당 값인지 전체 손실인지 구분해 $S = h_f/L$ 형태로 정리하면 된다. 마지막에는 분모의 $2gD$와 단위를 다시 확인하면 된다.

암기 포인트

에너지 경사는 $S = h_f/L = fV^2/(2gD)$이고, 유속은 항상 $V = Q/A$를 먼저 구해 대입한다.

NoteBase

문 19. 직각 삼각형 예연 위어에서의 월류수심이 5m일 때, 월류량[m^3/s]은? (단, 유량계수는 0.5, 중력가속도는 $10m/s^2$이다)

① 19.1

② 38.2

③ 66.7

④ 76.3

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직각 삼각형 위어의 유량 공식을 이용해 월류량 Q를 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 유량계수 $C_d = 0.5$, 중력가속도 $g = 10$, 월류수심 $H = 5$이다.
직각 삼각형 위어이므로 개구각 $\theta = 90^\circ$이고, 따라서 $\tan(\theta/2) = \tan 45^\circ = 1$이다.
구해야 할 값은 월류량 Q이며 단위는 m^3/s이다.

사용할 공식

직각 삼각형 위어의 유량 공식은 $Q = \frac{8}{15} C_d \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \sqrt{2g} H^{5/2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제가 직각 삼각형 위어에서 월류수심이 주어졌을 때 유량을 구하는 전형적인 V노치 위어 계산 상황이기 때문이다.

계산 과정

1. $\tan(\theta/2) = \tan 45^\circ = 1$을 대입한다.
2. $\sqrt{2g} = \sqrt{20} = 2\sqrt{5}$, $H^{5/2} = 5^{5/2} = 25\sqrt{5}$이다.
3. 따라서 $Q = \frac{8}{15} \times 0.5 \times 1 \times 2\sqrt{5} \times 25\sqrt{5} = \frac{8}{15} \times 125 = 66.7$
4. 계산 결과 월류량은 $66.7m^3/s$이므로 정답은 3번이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 19.1은 계산 결과와 맞지 않는다. $H^{5/2}$ 항이나 전체 계수를 잘못 처리했을 때 나오는 과소값에 가깝다. 올바르게는 $Q = 66.7 m^3/s$이다.
2번 X: 38.2는 계산 결과와 맞지 않는다. $\tan(\theta/2) = 1$ 또는 $\sqrt{2g}$ 대입을 일부 누락하면 이런 중간값 오답이 나온다. 올바르게는 $Q = 66.7 m^3/s$이다.
3번 O: 직각 삼각형 위어 공식에 $C_d = 0.5$, $g = 10$, $H = 5$를 정확히 대입하면 $Q = 66.7 m^3/s$가 된다.
4번 X: 76.3은 계산 결과보다 크다. 유량계수 $C_d = 0.5$를 반영하지 않거나 반올림을 잘못하면 실제보다 크게 계산된다. 올바르게는 $Q = 66.7 m^3/s$이다.

오답 포인트

직각 삼각형 위어는 직사각형 위어 공식이 아니라 V노치 위어 공식을 써야 한다는 점이 핵심이다. 특히 $H^{5/2}$ 지수와 $\tan(\theta/2)$ 항을 빠뜨리거나 유량계수 C_d를 누락하면 오답으로 이어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 위어 문제는 위어 형상 확인, 해당 유량 공식 선택, 각도항 정리, H의 지수 확인, 마지막 단위 검산 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

직각 삼각형 위어는 $Q \propto H^{5/2}$이며, 직각이면 $\tan 45^\circ = 1$이 되어 계산이 단순해진다.

NoteBase

문 20. 어떤 유역 내의 5개 우량관측점에서 기록된 강우량이 표와 같을 때, Thiessen 법으로 계산된 유역평균우량[mm]은?

관측점	A	B	C	D	E
Thiessen 다각형 면적(km^2)	20	15	25	30	10
강우량(mm)	20	30	40	25	35

① 19.5

② 29.5

③ 39.5

④ 49.5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 Thiessen 법의 면적가중평균을 이용해 유역평균우량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 각 관측점의 Thiessen 다각형 면적과 강우량이다.
면적은 A=20, B=15, C=25, D=30, E=10으로 총 100이다.
강우량은 A=20, B=30, C=40, D=25, E=35이다.
구해야 할 값은 각 관측점 강우량에 면적비를 반영한 유역평균우량이다.

사용할 공식

Thiessen 법의 유역평균우량은 $\bar{P} = \frac{\sum A_i P_i}{\sum A_i}$ 이다.
이 문제는 관측점별 영향면적이 서로 다르므로 단순평균이 아니라 면적가중평균 공식을 사용한다.

계산 과정

가중합은
$20 \times 20 + 15 \times 30 + 25 \times 40 + 30 \times 25 + 10 \times 35 = 400 + 450 + 1000 + 750 + 350 = 2950$
이다.
전체 면적은 $20 + 15 + 25 + 30 + 10 = 100$ 이다.
따라서 유역평균우량은 $\bar{P} = \frac{2950}{100} = 29.5$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
19.5가 되려면 가중합이 1950이어야 하나 실제 가중합은 2950이다. 틀린 표현은 "유역평균우량이 19.5이다"이고, 올바르게는 "유역평균우량은 29.5이다"이다.

② O
Thiessen 법으로 계산한 면적가중평균은 29.5이므로 옳다.

③ X
39.5가 되려면 가중합을 3950으로 잘못 계산한 경우에 해당한다. 틀린 표현은 "유역평균우량이 39.5이다"이고, 올바르게는 "유역평균우량은 29.5이다"이다.

④ X
49.5가 되려면 가중합을 4950으로 잘못 계산해야 한다. 틀린 표현은 "유역평균우량이 49.5이다"이고, 올바르게는 "유역평균우량은 29.5이다"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 강우량을 단순평균하거나, 면적과 강우량의 곱셈합을 계산한 뒤 전체 면적 100으로 나누는 단계를 빠뜨리는 데 있다. Thiessen 법은 관측점별 영향면적이 다르므로 반드시 면적가중평균으로 처리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

Thiessen 법 문제는 먼저 각 관측점의 면적과 강우량을 짝지어 A_iP_i를 모두 더하고, 마지막에 전체 면적 $\sum A_i$로 나누는 순서로 판단한다. 전체 면적이 100이면 소수점 위치 검산도 함께 가능하다.

암기 포인트

Thiessen 법은 단순평균이 아니라 면적가중평균이며, 공식은 $\bar{P} = \sum A_iP_i / \sum A_i$이다.

NoteBase