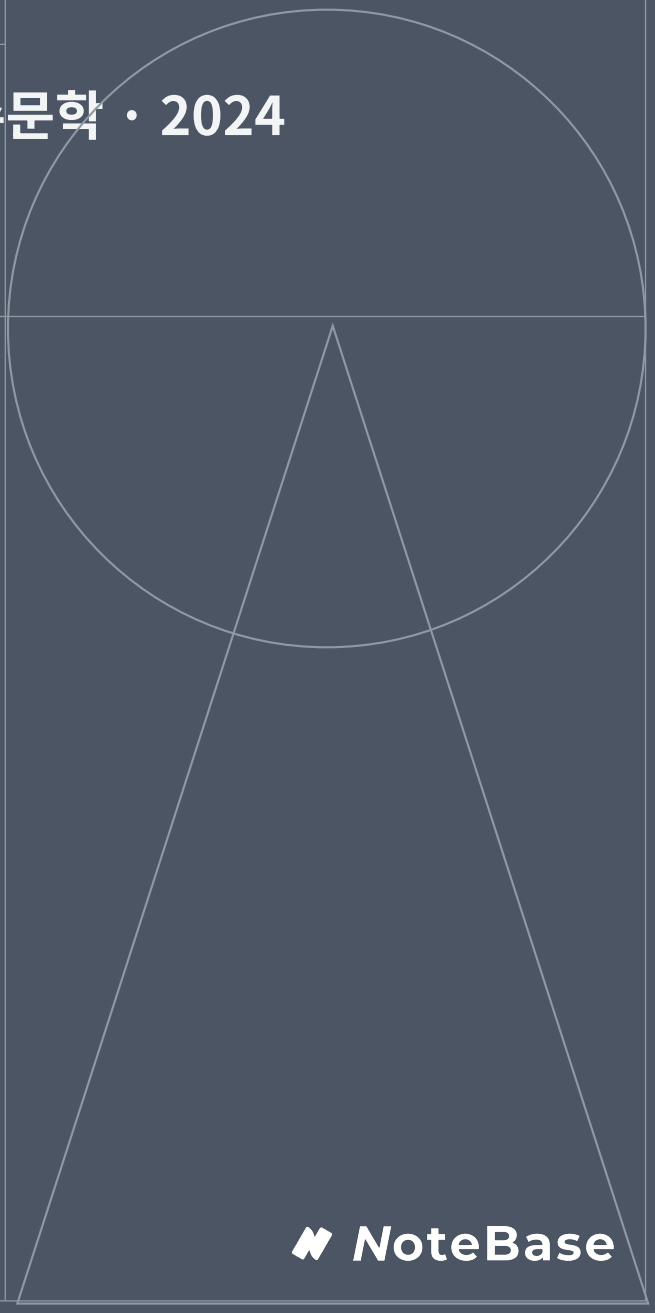
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2024

공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2024

문 1. 20°C**에서 직경이** 0.4mm**인 물방울이 공기와 접하고 있다. 물방울 내부의 압력이 대기압보다** 12dyne/cm^2**만큼 크다고 할 때, 표면장력**[dyne/cm]**은?**

① 0.10

② 0.12

③ 0.15

④ 0.20

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 물방울 내부 압력 증가와 표면장력의 관계식 $\Delta p = \frac{4\sigma}{d}$를 이용해 표면장력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 온도 20◦C, 물방울의 직경 0.4mm, 물방울 내부 압력이 대기압보다 12 dyne/cm2만큼 크다는 조건이다. 구해야 할 값은 표면장력이다. 직경을 cm로 바꾸면 $d = 0.4mm = 0.04cm$이다.

사용할 공식

물방울은 액체막이 하나인 구형 계면이므로 압력차와 표면장력의 관계는 $\Delta p = \frac{4\sigma}{d}$이다. 문제에서 물방울 내부 압력이 외부보다 얼마나 큰지를 주었으므로 이 식으로 바로 표면장력을 구할 수 있다.

계산 과정

압력차는 $\Delta p = 12dyne/cm^2$이다. 직경은 $d = 0.04cm$이다. 따라서
$\sigma = \frac{\Delta p d}{4} = \frac{12 \times 0.04}{4} = \frac{0.48}{4} = 0.12dyne/cm$이다. 계산 결과 표면장력은 0.12 dyne/cm이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 계산 결과가 0.12 dyne/cm이므로 0.10은 맞지 않는다. 올바르게는 표면장력은 0.12 dyne/cm이다.
2번: O. $\Delta p = \frac{4\sigma}{d}$에 $\Delta p = 12 dyne/cm^2$, $d = 0.04cm$를 대입하면 $\sigma = 0.12 dyne/cm$이므로 옳다.
3번: X. 0.15는 계산 결과보다 크다. 직경 변환이나 나눗셈 과정이 틀리면 이런 오차가 생길 수 있다. 올바르게는 표면장력은 0.12 dyne/cm이다.
4번: X. 0.20은 공식 적용 결과와 다르다. 압력차 식의 계수 4를 잘못 처리하면 나올 수 있는 값이지만, 물방울에는 $\Delta p = \frac{4\sigma}{d}$를 적용해야 한다. 올바르게는 표면장력은 0.12 dyne/cm이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 직경 0.4mm를 그대로 쓰지 않고 0.04cm로 바꿔야 한다는 점과, 물방울의 압력차 식에서 계수 4를 정확히 써야 한다는 점이다. 비눗방울 식과 혼동하거나 단위 변환을 빼먹으면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

구형 계면 문제는 먼저 물방울인지 비눗방울인지 구분하고, 다음에 길이 단위를 맞춘 뒤, 마지막에 Δp 식에 대입해 계산하면 된다.

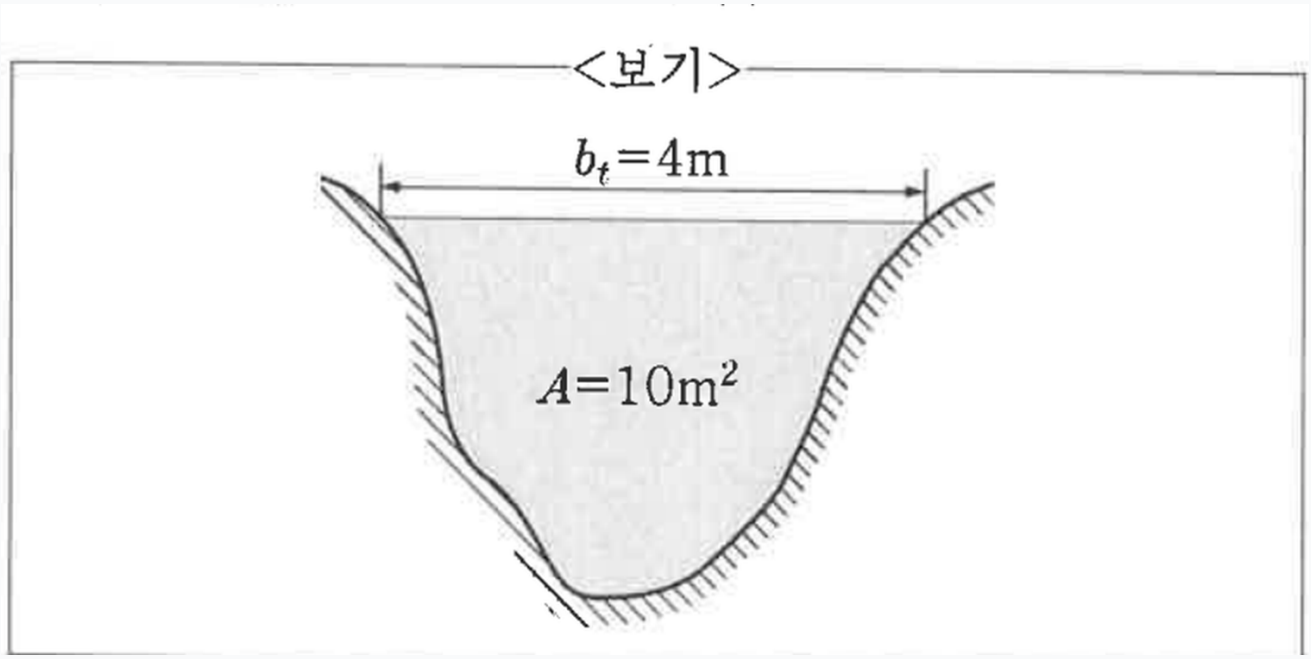
암기 포인트

물방울은 $\Delta p = \frac{4\sigma}{d} = \frac{2\sigma}{r}$, 비눗방울은 압력차가 그보다 두 배 크게 잡힌다.

NoteBase

문 2. <보기>와 같이 수면폭 b_t는 $4[m]$, 단면적 A는 $10[m^2]$인 자연형 수로에서 한계흐름이 발생할 때, 유속의 크기 $[m/s]$는? (단, 중력가속도는 $10[m/s^2]$이다.)

<보기>



① 3

② 4

③ 5

④ 6

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 한계흐름 조건에서 수리수심 $D = A/T$를 이용하여 임계유속을 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 수면폭 $T = b_t = 4m$, 단면적 $A = 10m^2$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다. 구해야 할 값은 한계흐름일 때의 유속 V_c이다. 자연형 수로이므로 직사각형 수심이 아니라 수리수심 A/T를 써야 한다.

사용할 공식

한계흐름에서는 프루드수가 1이므로 $V_c = \sqrt{gD} = \sqrt{gA/T}$이다. 이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 한계흐름이 발생한다고 했으므로 임계상태 조건 $Fr = 1$을 바로 적용할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

먼저 수리수심은 $D = A/T = 10/4 = 2.5m$이다.
따라서 임계유속은 $V_c = \sqrt{gD} = \sqrt{10 \times 2.5} = \sqrt{25} = 5m/s$이다.
계산 결과 유속은 5 m/s이다.

선지 판단

1번 X: 3 m/s이면 $V^2 = 9$이므로 한계흐름 조건 $V^2 = gA/T = 25$를 만족하지 못한다. 임계유속은 3 m/s가 아니라 5 m/s이다.
2번 X: 4 m/s이면 $Fr^2 = V^2/(gA/T) = 16/25$로 1보다 작아 한계흐름이 아니라 상류상태이다. 임계유속은 4 m/s가 아니라 5 m/s이다.
3번 O: $V_c = \sqrt{10 \times 10/4} = 5m/s$이므로 계산값과 일치한다.
4번 X: 6 m/s이면 $Fr^2 = 36/25$로 1보다 커 한계흐름을 지난 사류 상태가 된다. 임계유속은 6 m/s가 아니라 5 m/s이다.

오답 포인트

자연형 수로 단면에서 D를 단순 수심으로 보거나, 수면폭 T 대신 다른 폭을 넣으면 오답이 된다. 이 문제의 함정은 단면적 A와 수면폭 T로 수리수심을 만든 뒤 임계조건을 적용해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

한계흐름 문제는 먼저 $Fr = 1$을 떠올리고, 이어서 $D = A/T$를 계산한 다음 $V_c = \sqrt{gA/T}$에 대입하면 된다. 자연형 수로에서는 직사각형 공식처럼 보이더라도 실제로는 수리수심 A/T를 쓰는지부터 확인한다.

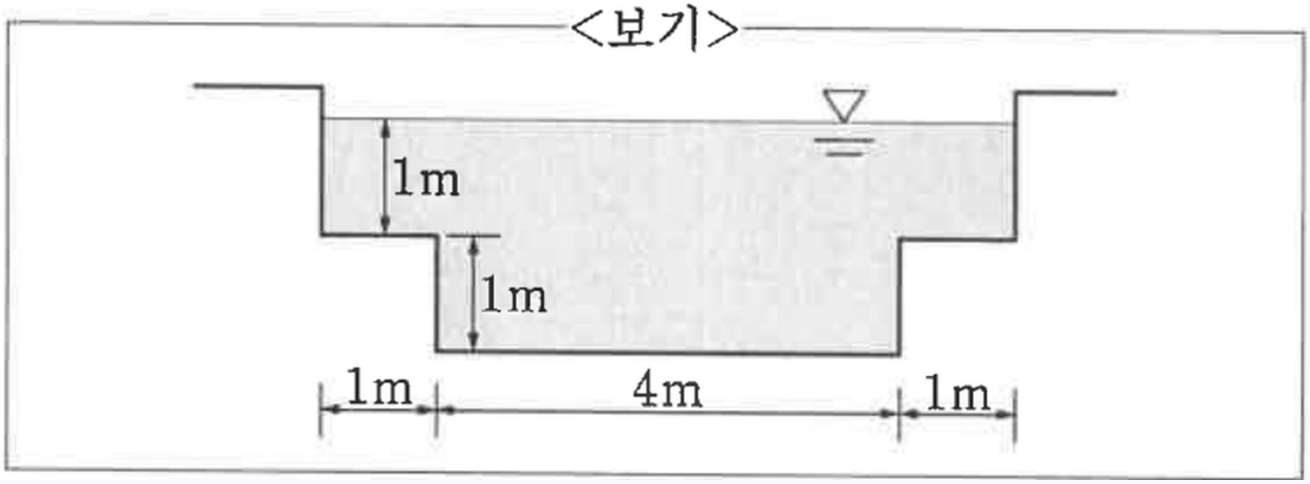
암기 포인트

임계유속은 $V_c = \sqrt{gD}$, 자연형 수로의 수리수심은 $D = A/T$이다.

NoteBase

문 3. <보기>와 같은 복단면 수로에서 수로 경사가 $\frac{1}{1,000}$일 때, 수로 바닥에 작용하는 전단응력$[N/m^2]$은? (단, 중력가속도는 $10m/s^2$이다.)

<보기>



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 복단면 수로의 수리반경을 구한 뒤 평균 경계전단응력 식 $\tau_0 = \gamma RS$로 수로 바닥 전단응력을 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 수로 경사 $S = \frac{1}{1000}$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다. 물의 밀도를 $1000kg/m^3$로 두면 단위중량은 $\gamma = \rho g = 10000N/m^3$이다. 단면적은 아래 직사각형 4×2와 양쪽 계단부 1×1 두 개를 더해 구한다. 구해야 할 값은 수로 바닥의 평균 전단응력이다. 주의할 점은 바닥 수심 2m를 바로 쓰는 것이 아니라 복단면 전체의 수리반경 $R = A/P$를 먼저 구해야 한다는 점이다.

사용할 공식

균등류에서 평균 경계전단응력은 $\tau_0 = \gamma RS$이다. 여기서 R은 단면 전체의 수리반경 A/P이다. 이 공식을 쓰는 이유는 복단면 수로의 바닥 전단응력을 전체 유수단면의 중량성분과 윤변의 관계로 구하는 문제이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면적을 구한다.

$A = 4 \times 2 + 1 \times 1 + 1 \times 1 = 10m^2$

2. 윤변을 구한다. 바닥 4m, 아래 수직면 2개 1m씩, 계단 수평면 2개 1m씩, 위 수직면 2개 1m씩이므로

$P = 4 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 10m$

3. 수리반경을 구한다.

$R = \frac{A}{P} = \frac{10}{10} = 1m$

4. 전단응력을 계산한다.

$\tau_0 = \gamma RS = 10000 \times 1 \times \frac{1}{1000} = 10N/m^2$

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 5가 아니라 10 N/m^2이다. 5는 단면의 일부만 잡아 수리반경을 $0.5m$ 정도로 잘못 계산했을 때의 오답이다. 올바르게는 복단면 전체에 대해 $R = 1m$를 써야 한다.

2번 O: $A = 10m^2, P = 10m, R = 1m$이므로 $\tau_0 = 10000 \times 1 \times 0.001 = 10N/m^2$가 된다. 따라서 2번이 옳다.

3번 X: 계산 결과는 15가 아니라 10 N/m^2이다. 15는 계단부 치수를 누락하거나 윤변을 과소평가해 수리반경을 실제보다 크게 잡았을 때의 오답이다. 올바르게는 전체 윤변 10m를 반영해야 한다.

4번 X: 계산 결과는 20이 아니라 10 N/m^2이다. 20은 바닥의 국부수심 2m를 그대로 넣어 $\tau = \gamma y S$처럼 계산한 값이다. 이 문항은 복단면 전체의 평균 전단응력을 묻기 때문에 y가 아니라 $R = A/P$를 써야 한다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 최심부 수심 2m를 보고 바로 $\tau = \gamma y S$를 적용해 20을 고르는 것이다. 복단면 수로의 평균 바닥 전단응력은 국부수심이 아니라 전체 단면의 수리반경으로 계산한다. 계단부가 있는 단면에서는 면적과 윤변을 모두 정확히 세지 않으면 5나 15 같은 오답으로 흔들리게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

복단면 전단응력 문제는 먼저 전체 단면적 A와 전체 윤변 P를 구해 $R = A/P$를 만든 뒤 $\tau_0 = \gamma RS$를 적용하는 순서로 판단한다. 계산 뒤에는 국부수심을 바로 넣은 값과 혼동하지 않았는지 한 번 더 검산하면 된다.

암기 포인트

균등류 평균 전단응력은 $\tau_0 = \gamma RS$이고, 복단면에서는 먼저 전체 수리반경 $R = A/P$를 구한다.

NoteBase

문 4. 층류저층에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 층류저층의 두께는 마찰속도에 반비례한다.

② 층류저층의 두께는 동점성계수에 반비례한다.

③ 난류상태로 흐를 때, 경계면 가까이에는 유체의 점성이 지배적으로 되는 층류 부분이 존재한다.

④ 층류저층은 뉴턴의 점성법칙이 적용된다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 난류 경계층 내부의 층류저층이 어떤 물리량에 비례하거나 반비례하는지와 그 물리적 성격을 묻는 문제이다.

핵심 개념

층류저층은 난류로 흐르는 경우에도 벽면 바로 근처에서 점성력이 지배하여 속도분포가 거의 층류처럼 나타나는 매우 얇은 영역이다.
마찰속도는 벽면 전단응력을 속도 차원으로 나타낸 값이며, 층류저층 두께는 대표적으로 $\delta_v \propto \nu/u_*$ 관계로 이해한다.
동점성계수는 점성의 확산 정도를 나타내므로 값이 클수록 층류저층은 두꺼워진다.

선지별 해설

1번: O. 층류저층 두께는 $\delta_v \propto \nu/u_*$로 정리하므로 마찰속도 u_*가 커질수록 두께는 얇아진다.
2번: X. 틀린 부분은 "동점성계수에 반비례한다"는 표현이다. 실제로는 층류저층 두께가 동점성계수 ν에 비례한다. 점성 확산이 클수록 벽면 근처의 점성 지배 영역이 더 두꺼워진다.
3번: O. 난류흐름이라도 벽면 바로 근처는 속도구배가 매우 커서 점성력이 난류혼합보다 우세해지는 층류저층이 존재한다.
4번: O. 층류저층은 점성력이 지배적이므로 전단응력을 $\tau = \mu\frac{du}{dy}$로 두는 뉴턴의 점성법칙이 적용된다.

오답 포인트

층류저층을 난류 안에 있는 점성 지배층으로 정리하지 못하면 3번과 4번을 흔들리기 쉽다. 또한 두께 관계식에서 ν와 u_*의 위치를 뒤집으면 2번을 맞는 문장처럼 오해하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

층류저층 문제는 먼저 벽면 근처가 점성 지배 영역인지 확인하고, 두께 관계를 $\delta_v \propto \nu/u_*$로 놓아 비례 대상과 반비례 대상을 구분하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

층류저층은 점성 지배층이고, 두께는 ν에 비례하며 u_*에 반비례한다.

NoteBase

문 5. 관수로의 마찰계수에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① Moody 도표를 이용하여 구할 수 있다.

② 층류의 경우 레이놀즈수만의 함수이다.

③ 완전히 발달한 난류의 경우 상대조도만의 함수이다.

④ 마찰계수는 일반적으로 절대조도와 레이놀즈수의 함수이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 관수로 마찰계수를 좌우하는 기준이 레이놀즈수와 상대조도인지 구분하는지를 묻는다.

핵심 개념

관수로의 Darcy-Weisbach 마찰계수는 Moody 도표로 읽으며, 일반적으로 레이놀즈수와 상대조도 ε/D에 의해 결정된다. 층류에서는 $f = 64/Re$이므로 레이놀즈수만 영향을 주고, 완전난류 영역에서는 상대조도만 영향을 준다.

선지별 해설

1번 O: Moody 도표는 관수로의 Darcy-Weisbach 마찰계수를 레이놀즈수와 상대조도의 관계로 나타낸 도표이므로 마찰계수를 구할 수 있다.
2번 O: 층류에서는 $f = 64/Re$이므로 마찰계수는 레이놀즈수만의 함수이다.
3번 O: 완전난류 영역에서는 점성의 영향이 거의 사라져 마찰계수가 상대조도만의 함수가 된다.
4번 X: 틀린 부분은 \"절대조도와 레이놀즈수의 함수\"라는 표현이다. 마찰계수는 일반적으로 절대조도 자체가 아니라 관경까지 반영한 상대조도 ε/D와 레이놀즈수의 함수이다. 올바르게는 \"마찰계수는 일반적으로 상대조도와 레이놀즈수의 함수이다\"라고 고쳐야 한다.

오답 포인트

절대조도와 상대조도를 같은 말처럼 처리하면 4번에 걸린다. 조도 자체의 크기만으로는 부족하고, 관경과의 비인 상대조도로 바꾸어야 Moody 도표의 판단 기준과 일치한다.

다시 나오면 이렇게 판단

관수로 마찰계수 문제에서는 먼저 층류와 난류를 나눈다. 층류이면 레이놀즈수만 본다. 난류이면 Moody 도표 기준으로 레이놀즈수와 상대조도를 함께 보고, 완전난류이면 상대조도만 남는다고 판단한다.

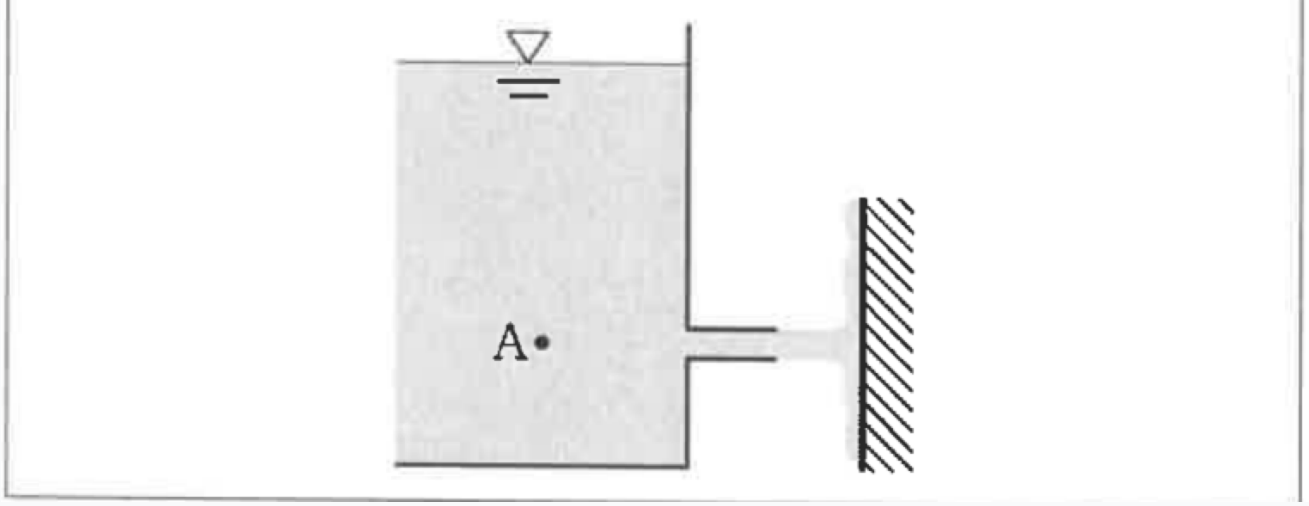
암기 포인트

층류는 Re만, 일반 난류는 Re와 ε/D, 완전난류는 ε/D만이다.

NoteBase

문 6. <보기>와 같이 커다란 수조에서 오리피스를 통해 수평으로 물이 분출하여 연직 평판에 직각으로 부딪치고 있다. 이 분출수의 유량은 $0.2m^3/s$이고, A점의 수압이 $200kPa$일 때, 이 연직 평판을 지지하는 데 필요한 힘[kN]은? (단, 중력가속도는 $10m/s^2$이고, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$이며, 오리피스 내부의 유속은 무시한다.)

<보기>



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 베르누이 방정식으로 분출속도를 구한 뒤 운동량 방정식으로 연직 평판의 지지력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 유량 $0.2m^3/s$, A점 수압 200 kPa, 중력가속도 10m/s^2, 물의 단위중량 $10kN/m^3$이다. 큰 수조이므로 수조 내부 유속은 0으로 보고, 분출수는 대기 중으로 나가므로 출구 압력은 대기압이다. 연직 평판에 직각으로 부딪힌 뒤 수평방향 속도성분은 0이 된다.

사용할 공식

분출속도는 베르누이 방정식으로 구한다. $\frac{v^2}{2g} = \frac{p_A}{\gamma}$ 이다. 평판에 필요한 지지력은 수평방향 운동량 변화량으로 구한다. $F = \rho Q v = (\gamma/g) Q v$ 이다. 이 공식을 쓰는 이유는 수조 내부 유속이 무시되고, 분출 제트가 평판에 부딪힌 뒤 수평속도가 0이 되어 수평 운동량이 모두 소멸하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. A점 압력수두는 $p_A/\gamma = 200kPa \div 10kN/m^3 = 20m$ 이다.
2. 따라서 분출속도는 $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 20} = 20m/s$ 이다.
3. 물의 밀도는 $\rho = \gamma/g = 10000/10 = 1000kg/m^3$ 이다.
4. 평판 지지력은 $F = \rho Qv = 1000 \times 0.2 \times 20 = 4000N = 4kN$ 이다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과 지지력은 4 kN이므로 1 kN은 오답이다. 틀린 값 1 kN이 아니라 올바른 값은 4 kN이다.
2번 X: 운동량 변화량 ρQv를 적용하면 2 kN이 나오지 않는다. 2 kN이 아니라 4 kN으로 보아야 한다.
3번 X: 분출속도 20m/s와 유량 $0.2m^3/s$를 대입한 결과와 맞지 않는다. 3 kN이 아니라 4 kN이다.
4번 O: 베르누이 방정식으로 분출속도 20m/s를 구하고, 평판 힘을 $F = \rho Qv$로 계산하면 4 kN이므로 옳다.

오답 포인트

A점의 압력을 그대로 평판에 작용하는 정수압으로 보는 실수가 잦다. 이 문제는 평판이 오리피스 제트에 맞는 상황이므로 정수압이 아니라 제트의 수평 운동량 변화량으로 힘을 구해야 한다. 또한 큰 수조라는 조건을 놓치고 수조 내부 속도를 포함하면 식이 불필요하게 복잡해진다.

다시 나오면 이렇게 판단

저수조에서 제트가 분출되어 평판에 충돌하는 문제는 먼저 탱크 내부 속도를 무시할 수 있는지 확인하고, 다음에 베르누이 방정식으로 분출속도를 구한 뒤, 마지막에 평판 힘을 $\rho Q\Delta V$로 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

자유분출 제트가 평판에 직각으로 부딪혀 수평속도가 0이 되면 지지력은 $F = \rho Qv$ 이다.

NoteBase

문 7. 직사각형 예연위어(rectangular sharp-crested weir)에서 유량은 $Q = C\frac{2}{3}\sqrt{2g}bh^{\frac{3}{2}}$으로 주어진다. 여기서 h가 의미하는 것으로 가장 옳은 것은?

① 상류수심

② 위어의 높이

③ 상류수심과 하류수심의 차

④ 월류수심

정답 4번

출제 포인트

직사각형 예연위어의 유량식 $Q = C\frac{2}{3}\sqrt{2g}bh^{3/2}$에서 각 기호의 의미를 구별하는 문제이다.

조건 정리

Q는 유량, C는 유량계수, b는 위어 폭이다. h는 위어 마루를 기준으로 그 위에 형성된 수두를 뜻한다.

사용할 공식

직사각형 예연위어의 자유월류 유량식은 $Q = C\frac{2}{3}\sqrt{2g}bh^{3/2}$이다. 이 식은 위어 마루 위로 넘는 수심에 따라 유량이 결정되는 상황에 적용되므로 h는 월류를 만드는 수두여야 한다.

선지 판단

1번 X: 상류수심은 보통 수로 바닥에서 상류 수면까지의 전체 수심이다. 식의 h는 바닥 기준 전체 수심이 아니라 위어 마루 위의 월류수심이다. 틀린 표현은 '상류수심'이고, 올바르게는 '위어 마루 위의 월류수심'이다.
2번 X: 위어의 높이는 수로 바닥에서 위어 마루까지의 높이로 보통 P로 둔다. h는 구조물의 높이가 아니라 월류를 일으키는 수두이다. 틀린 표현은 '위어의 높이'이고, 올바르게는 '월류수심'이다.
3번 X: 상류수심과 하류수심의 차는 일반적인 수면차 또는 낙차 개념이지 예연위어 식의 h가 아니다. 자유월류 위어의 기본식은 하류수심 차이를 직접 h로 두지 않는다. 틀린 표현은 '상류수심과 하류수심의 차'이고, 올바르게는 '위어 마루 기준 상류측 월류수심'이다.
4번 O: 월류수심은 위어 마루 위의 수심, 즉 월류를 만드는 수두이다. 식에서 $h^{3/2}$로 들어가는 값이 바로 이 월류수심이므로 옳다.

오답 포인트

상류수심과 월류수심을 같은 것으로 보면 1번에 끌리기 쉽다. 위어 문제에서는 기준면이 수로 바닥인지, 위어 마루인지 먼저 구분해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

위어 유량식이 나오면 먼저 바닥 기준 깊이와 마루 기준 수두를 구분한다. 식의 h가 유량에 $h^{3/2}$ 형태로 들어가면 대개 위어 마루 위의 월류수심으로 판단한다.

암기 포인트

예연위어 식의 h는 전체 상류수심이 아니라 위어 마루 위 월류수심이다.

NoteBase

문 8. 원관류 층류 흐름에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 관의 지름이 2배 증가하면 유량은 4배 증가한다.

② 관로 내 층류에서 평균유속은 관 중심에서의 최대유속의 $\frac{1}{2}$이 된다.

③ 관로 내 유속은 관 중앙에서 최대유속을 보이는 포물선 분포이다.

④ 유체 내부 전단응력은 관벽에서 최댓값을 보이며, 관 중앙에서 0인 선형분포를 갖는다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 원관 내 층류의 유량-지름 관계, 속도분포, 전단응력분포를 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

원관 내 완전발달 층류에서는 하겐-포아죄유 법칙에 따라 유량이 관지름의 4제곱에 비례한다. 속도는 관 중심에서 최대이고 단면에서는 포물선분포를 이루며, 전단응력은 관 중심에서 0이고 관벽으로 갈수록 선형적으로 증가한다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 "지름이 2배 증가하면 유량은 4배 증가한다"는 표현이다. 원관 층류에서 다른 조건이 같으면 유량은 $Q \propto D^4$ 이므로 지름이 2배가 되면 유량은 $2^4 = 16$배가 된다. 올바르게는 "관의 지름이 2배 증가하면 유량은 16배 증가한다"이다.
2번: O. 원관 층류의 속도분포는 포물선이며 단면 평균유속은 최대유속의 1/2이다. 따라서 평균유속이 관 중심 최대유속의 1/2이라는 설명은 옳다.
3번: O. 원관 내 층류의 유속은 관벽에서 0, 관 중심에서 최대가 되는 포물선분포를 보인다. 이 선지는 층류 속도분포의 전형적 형태를 정확히 설명한다.
4번: O. 층류에서 전단응력은 관 중심에서 0이고 반지름 방향으로 선형적으로 증가하여 관벽에서 최대가 된다. 따라서 관벽 최대, 관 중심 0의 선형분포라는 설명은 옳다.

오답 포인트

1번은 유량이 지름의 제곱에 비례한다고 착각하게 만드는 선지이다. 단면적은 지름의 제곱에 비례하지만, 원관 층류 유량은 속도분포까지 반영되어 지름의 4제곱에 비례한다는 점을 놓치면 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

원관 층류 문제는 먼저 유량은 D^4, 평균유속은 최대유속의 1/2, 속도분포는 포물선, 전단응력분포는 선형이라는 네 가지 기준으로 선지를 대조하면 빠르게 판별된다.

NoteBase

암기 포인트

층류 원관유동은 유량 D^4, 속도는 포물선, 전단응력은 선형분포이다.

NoteBase

문 9. 지름 $1[m]$인 관을 이용해서 $100[m]$ 떨어진 곳에 유량 $1.5[m^3/s]$의 물을 수송하려고 한다. 이 흐름의 에너지경사는? (단, π는 3, 중력가속도는 $10[m/s^2]$이고, 마찰손실계수는 0.005이며, 흐름을 등류로 가정한다.)

① 0.0001

② 0.001

③ 0.01

④ 0.1

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 원관의 난류 마찰손실식으로 손실수두를 구한 뒤 에너지경사 $S = h_f/L$를 계산할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 지름 1m, 유량 1.5 m^3/s, 관 길이 100m, 마찰손실계수 0.005, 중력가속도 10 m/s^2이다.
원관 단면적은 $A = \pi d^2/4 = 3 \times 1^2/4 = 0.75m^2$이다.
유속은 $V = Q/A = 1.5/0.75 = 2m/s$이다.
구해야 할 값은 에너지경사 S이다.

사용할 공식

사용식은 $h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$, $\quad S = \frac{h_f}{L} = \frac{f}{D}\frac{V^2}{2g}$이다.
문제가 원관의 마찰손실계수와 관 길이를 주고 에너지경사를 묻고 있으므로 Darcy-Weisbach 식으로 손실수두를 구한 뒤 길이로 나누는 구조에 해당한다.

계산 과정

1. 유속은 $V = 2m/s$이다.
2. 손실수두는 $h_f = 0.005 \times \frac{100}{1} \times \frac{2^2}{2 \times 10} = 0.005 \times 100 \times 0.2 = 0.1m$이다.
3. 에너지경사는 $S = h_f/L = 0.1/100 = 0.001$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 에너지경사는 계산하면 0.001이므로 0.0001은 10배 작은 값이다. 유속 또는 경사 계산에서 한 번 더 10으로 나눈 오답이다. 틀린 값이며 에너지경사는 0.001로 고쳐야 한다.
2번 O: $S = \frac{f}{D}\frac{V^2}{2g} = 0.005 \times \frac{4}{20} = 0.001$이므로 옳다.
3번 X: 0.01은 중력가속도 $g = 10 m/s^2$를 반영하지 않거나 $2g$ 분모를 빠뜨릴 때 나오는 값이다. 틀린 값이며 에너지경사는 0.001로 고쳐야 한다.
4번 X: 0.1은 손실수두 h_f 자체를 에너지경사로 착각한 값이다. 에너지경사는 손실수두를 관 길이 100m로 나눈 값이므로 0.001로 고쳐야 한다.

오답 포인트

손실수두 h_f와 에너지경사 $S = h_f/L$를 같은 것으로 착각하면 4번을 고르게 된다. 또 유속을 먼저 구하지 않거나 $2g$를 빠뜨리면 3번처럼 한 자리 큰 값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

관로 계산형 문제는 단면적에서 유속을 먼저 구하고, 마찰손실식으로 손실수두를 계산한 뒤, 마지막에 길이로 나누어 경사인지 수두인지 단위를 구분해 판단한다.

암기 포인트

원관 에너지경사는 $S = \frac{f}{D}\frac{V^2}{2g}$이고, 손실수두는 여기에 관 길이 L을 곱한 값이다.

NoteBase

문 10. 단면적, 관로길이, 마찰손실수두, Manning 조도 계수 n이 모두 동일하며, 각각 원형, 정사각형, 정삼각형의 단면을 갖는 관로에 물이 흐르고 있다. 이때 유량이 큰 순서대로 나타낸 것은? (단, 비원형 단면 Darcy-Weisbach 공식을 적용하며, 마찰계수는 $f = \frac{8gn^2}{R_h^{1/3}}$을 적용한다.)

① 정사각형>원형>정삼각형

② 정삼각형>정사각형>원형

③ 원형>정사각형>정삼각형

④ 원형=정사각형=정삼각형

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 같은 단면적과 같은 마찰조건에서 유량이 수리반지름 R_h의 크기에 따라 어떻게 달라지는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건은 단면적 A, 관로길이 L, 마찰손실수두 h_f, Manning 조도계수 n가 모두 같다는 점이다. 비교 대상은 원형, 정사각형, 정삼각형 단면의 유량 크기이다. 따라서 같은 A에서 어떤 형상이 더 큰 $R_h = A/P$를 가지는지만 판단하면 된다.

사용할 공식

Darcy-Weisbach식과 문제에서 준 마찰계수식을 쓰면 $h_f = \frac{fL}{D_h} \cdot \frac{V^2}{2g}$, $D_h = 4R_h$, $f = \frac{8gn^2}{R_h^{1/3}}$ 이므로 $h_f = \frac{n^2 L V^2}{R_h^{4/3}}$가 된다. 여기서 h_f, L, n이 같으므로 $V \propto R_h^{2/3}$이고, 단면적 A도 같아서 $Q = AV \propto R_h^{2/3}$가 된다. 결국 유량의 대소는 수리반지름의 대소와 같다.

계산 과정

1. 같은 단면적 A에서 수리반지름 $R_h = A/P$를 비교한다.
2. 원형은 $A = \pi r^2$, $P = 2\pi r$이므로 $R_h = r/2 = \sqrt{A}/(2\sqrt{\pi}) \approx 0.282\sqrt{A}$이다.
3. 정사각형은 $A = a^2$, $P = 4a$이므로 $R_h = a/4 = \sqrt{A}/4 = 0.250\sqrt{A}$이다.
4. 정삼각형은 $A = \frac{\sqrt{3}}{4}s^2$, $P = 3s$이므로 $R_h = A/P = 3^{1/4}\sqrt{A}/6 \approx 0.219\sqrt{A}$이다.
5. 따라서 R_h는 원형 > 정사각형 > 정삼각형이고, 유량도 원형 > 정사각형 > 정삼각형이다.

NoteBase

선지별 해설

① X. 정사각형이 원형보다 유량이 크다고 본 부분이 틀리다. 같은 단면적에서 원형이 가장 작은 윤변을 가져 R_h가 가장 크므로 유량은 원형이 더 크다. 올바르게는 원형 > 정사각형 > 정삼각형이다.
② X. 정삼각형이 가장 크다고 본 부분이 틀리다. 정삼각형은 같은 단면적에서 윤변이 가장 커 R_h가 가장 작으므로 유량이 가장 작다. 올바르게는 원형 > 정사각형 > 정삼각형이다.
③ O. $Q \propto R_h^{2/3}$이고 같은 단면적에서 R_h가 원형 > 정사각형 > 정삼각형이므로 제시한 순서가 맞다.
④ X. 단면적이 같아도 형상이 다르면 윤변과 수리반지름이 달라진다. 따라서 유량이 모두 같지 않으며, 올바른 순서는 원형 > 정사각형 > 정삼각형이다.

오답 포인트

단면적이 같으면 유량도 같다고 바로 연결하거나, 원형이 무조건 크다는 감각만 기억하고 근거를 생략하는 경우가 많다. 이 문항의 함정은 유량을 직접 비교하는 것이 아니라 같은 A에서 윤변 P가 달라져 $R_h = A/P$가 달라진다는 점에 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

같은 A, L, h_f, n 조건의 관로 유량 비교는 먼저 $Q \propto R_h^{2/3}$ 관계로 바꾼 뒤, 같은 면적에서 윤변이 가장 작은 형상이 가장 큰 유량을 가진다고 판단하면 된다.

암기 포인트

같은 면적의 관로에서는 윤변이 작을수록 R_h가 크고, R_h가 클수록 유량이 크다.

NoteBase

문 11. 한계수심이 1.69m이고 등류수심이 0.9m인 개수로 흐름의 특정 단면에서 수심이 1.2m일 때, 수면곡선은?

① M_1

② M_2

③ S_1

④ S_2

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 한계수심과 등류수심의 대소관계로 하상경사를 판정한 뒤, 실제 수심의 위치로 점변류 수면곡선 형식을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 한계수심 $y_c = 1.69m$, 등류수심 $y_n = 0.9m$, 특정 단면 수심 $y = 1.2m$이다.
구해야 할 값: 해당 단면의 수면곡선 형식이다.
주의할 조건: 먼저 y_n과 y_c를 비교해 M형인지 S형인지 정한 다음, y가 어느 구간에 있는지 본다.

사용할 공식

수면곡선 판정 기준은 수심의 상대적 크기이다.
급경사 여부: $y_n < y_c$이면 S형 경사이다.
S형 구분: $y > y_c$이면 S1, $y_c > y > y_n$이면 S2, $y_n > y$이면 S3이다.
이 공식을 쓰는 이유: 개수로 점변류의 수면곡선은 절대값 자체보다 한계수심, 등류수심, 실제 수심의 상대적 위치로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. $y_n = 0.9m$, $y_c = 1.69m$이므로 $y_n < y_c$이다. 따라서 하상경사는 급경사이고 수면곡선 계열은 S형이다.
2. 실제 수심은 $y = 1.2m$이므로 $0.9 < 1.2 < 1.69$이다. 즉 $y_n < y < y_c$ 관계이다.
3. 급경사에서 $y_n < y < y_c$인 구역은 S2이므로 정답은 4번이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: M1은 완경사에서 $y > y_n > y_c$인 경우의 수면곡선이다. 이 문제는 $y_n < y_c$이므로 완경사가 아니며, 올바르게는 급경사 S2이다.
2번 X: M2는 완경사에서 $y_n > y > y_c$인 경우이다. 이 문제의 실제 관계는 $y_c > y > y_n$이므로 맞지 않으며, 올바르게는 S2이다.
3번 X: S1은 급경사에서 $y > y_c > y_n$인 경우이다. 여기서는 $y = 1.2m < y_c = 1.69m$이므로 S1이 아니고, 올바르게는 $y_c > y > y_n$인 S2이다.
4번 O: 급경사에서 $y_c > y > y_n$이면 S2이다. $1.69 > 1.2 > 0.9$이므로 4번이 옳다.

오답 포인트

M형과 S형을 먼저 가르지 않고 숫자 크기만 보고 선지를 고르면 틀리기 쉽다. 특히 $y_n < y_c$이면 급경사라는 점을 놓치면 M2와 S2를 혼동하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

수면곡선 문제는 먼저 y_n과 y_c를 비교해 경사 형식부터 정하고, 다음에 실제 수심 y가 y_c, y_n의 위인지 사이인지 아래인지를 확인하면 된다.

암기 포인트

M형은 $y_n > y_c$, S형은 $y_n < y_c$이다. 급경사에서 $y_n < y < y_c$이면 S2이다.

NoteBase

문 12. <보기>의 빈칸에 들어갈 말을 옳게 짝지은 것은?

<보기>
유량이 일정한 직사각형 단면 개수로에서 수로 바닥의 높이는 변화없이 수로 폭이 좁아질 때, 상류부가 상류 흐름일 경우 하류부의 상류수심은 상류부에 비해 (가) 하고, 상류부가 사류 흐름일 경우 하류부의 사류수심은 상류부에 비해 (나) 한다.

① (가): 증가, (나): 증가
② (가): 증가, (나): 감소
③ (가): 감소, (나): 증가
④ (가): 감소, (나): 감소

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직사각형 개수로가 수축될 때 단위폭당 유량이 증가하면 상류수심과 사류수심이 각각 어떻게 변하는지를 묻는다.

핵심 개념

직사각형 개수로의 비에너지는 $E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$이고 단위폭당 유량은 $q = Q/b$이다. 유량 Q가 일정한 상태에서 폭 b가 줄어들면 q가 커진다. 그러면 같은 비에너지에서 가능한 두 수심은 모두 임계수심 쪽으로 이동하므로 깊은 쪽 수심인 상류수심은 감소하고 얕은 쪽 수심인 사류수심은 증가한다.

선지별 해설

1번 X: (가)를 증가로 본 점이 틀리고, (나)를 증가는 맞게 보았더라도 조합 전체는 틀리다. 수축부에서는 $q = Q/b$가 증가하므로 깊은 쪽 해인 상류수심은 임계수심 쪽으로 내려가 감소한다. 올바른 조합은 (가) 감소, (나) 증가이다.
2번 X: (가)를 증가로 본 점과 (나)를 감소로 본 점이 모두 틀리다. 폭이 줄면 사류수심도 임계수심 쪽으로 올라가므로 얕은 쪽 해는 감소가 아니라 증가이다. 올바르게는 (가) 감소, (나) 증가이다.
3번 O: 폭 감소로 단위폭당 유량이 커지면 비에너지 곡선에서 두 대체수심이 모두 임계수심에 가까워진다. 따라서 상류수심은 감소하고 사류수심은 증가하므로 옳다.
4번 X: (가) 감소는 맞지만 (나) 감소가 틀리다. 사류수심은 얕은 쪽 수심이어서 수축 시 임계수심 방향으로 커진다. 올바르게는 (나) 증가이다.

NoteBase

오답 포인트

수축부에서 폭이 줄면 유속만 빨라진다고 보고 두 수심이 모두 감소한다고 오해하기 쉽다. 실제로는 비에너지 곡선의 두 해가 모두 임계수심 쪽으로 모이므로 깊은 쪽은 내려가고 얕은 쪽은 올라간다.

다시 나오면 이렇게 판단

개수로 폭 변화 문제는 먼저 $q = Q/b$의 증감부터 확인한다. 그다음 같은 비에너지에서 수심이 임계수심 쪽으로 접근한다는 성질을 적용하면 깊은 쪽 수심은 감소하고 얕은 쪽 수심은 증가한다고 판단할 수 있다.

암기 포인트

수축부에서는 단위폭당 유량 증가, 두 수심은 임계수심 접근, 상류수심 감소, 사류수심 증가이다.

NoteBase

문 13. 점변류는 수로 경사에 따라 수면곡선을 분류할 수 있는데, 이때 사용하는 각 경사의 정의로 가장 옳은 것은?

① 한계경사(critical slope): 등류로 흐를 경우 푸르드넘버 $Fr = 1$이 되는 경사

② 완경사(mild slope): 수평인 경사$S_0 = 0$

③ 급경사(steep slope): 등류로 흐를 경우 상류가 발생하는 경사

④ 역경사(adverse slope): 등류로 흐를 경우 사류가 발생하는 경사

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 점변류 수면곡선 분류의 기준이 되는 수로 경사 분류와 각 경사의 정의를 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

한계경사는 등류일 때 $Fr = 1$이 되고 정상수심과 임계수심이 일치하는 경사이다. 완경사는 $y_n > y_c$인 경사로 등류가 상류 상태가 되는 경사이다. 급경사는 $y_n < y_c$인 경사로 등류가 사류 상태가 되는 경사이다. 역경사는 바닥경사가 음수인 경사로 $S_0 < 0$이다.

선지별 해설

1번 O: 한계경사는 등류에서 푸루드수 Fr가 1이 되는 경사이므로 정의가 정확하다. 이때 정상수심 y_n과 임계수심 y_c가 같다.
2번 X: 틀린 부분은 "수평인 경사($S_0 = 0$)"이다. 완경사는 수평경사가 아니라 정상수심이 임계수심보다 커서 등류가 상류가 되는 경사이다. $S_0 = 0$은 수평경사의 정의이다.
3번 X: 틀린 부분은 "상류가 발생"이다. 급경사는 등류일 때 상류가 아니라 사류가 발생하는 경사이다. 즉 급경사는 $y_n < y_c$인 steep slope이다.
4번 X: 틀린 부분은 "등류로 흐를 경우 사류가 발생"이다. 역경사는 사류 발생 여부로 정의하지 않고 바닥경사가 음수인 경사로 정의한다. 올바르게는 $S_0 < 0$인 adverse slope이다.

오답 포인트

완경사와 급경사는 등류의 상류·사류 상태로 구분하고, 수평경사와 역경사는 바닥경사 부호로 구분한다는 축이 다르다. 이 문제는 ②에서 수평경사를 완경사로 바꾸고, ③과 ④에서 상류·사류와 역경사를 서로 뒤섞은 점이 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 정의가 $Fr = 1$, $S_0 = 0$, $S_0 < 0$처럼 직접 조건을 말하는지 확인한다. $Fr = 1$이면 한계경사, $S_0 = 0$이면 수평경사, $S_0 < 0$이면 역경사이다. 그다음 양의 경사에서 등류가 상류이면 완경사, 사류이면 급경사로 판단한다.

암기 포인트

한계는 $Fr = 1$, 완은 상류, 급은 사류, 역은 $S_0 < 0$이다.

NoteBase

문 14. 수위-유량관계곡선의 조정에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 수위와 유량이 단순관계를 보이지 않고 동일 수위라도 상승 시와 하강 시의 유량이 같지 않은 경우가 발생한다. 이에 따라 수위-유량관계곡선을 조정하게 된다.

② 기준관측점에서 여러 수위에 대한 유량을 측정하고 각 유량 측정 시마다 수위 및 기준관측점과 보조관측점 사이의 수위 차를 측정하여 평균수위하강고를 산정하는 일정수위하강고 방법을 사용할 수 있다.

③ 기준관측점 및 보조관측점간 수위 차의 변화가 많고 수위하강고가 기준관측점에서의 수위와 상관관계를 가질 경우에는 정상수위하강고 방법을 사용한다.

④ 과거의 홍수 흔적이나 실측으로부터 얻은 기록홍수위에 해당하는 유량을 산정하는 방법으로 전대수지법, Stevens방법, 경사-면적방법, 유속-면적법 등이 있다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 수위-유량관계곡선의 조정과 고수위 외삽, 그리고 기록홍수 유량 산정 방법의 적용 범위를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

수위-유량관계곡선의 조정은 동일 수위에서 유량이 달라지는 배수영향이나 홍수 파형의 비정상성 때문에 기존 곡선을 하강고 등 보조변수로 보정하는 것이다.
일정수위하강고 방법은 여러 수위대 전반에서 배수영향을 받을 때 쓰는 방법이다.
정상수위하강고 방법은 수위하강고가 기준관측점 수위와 일정한 상관을 보이거나 특정 수위 이상에서 체계적으로 변할 때 적용하는 방법이다.
전대수지법과 Stevens 방법은 관측 상한을 넘는 고수위 구간의 수위-유량관계곡선을 외삽하는 방법이다.
경사-면적법은 홍수 후 남은 흔적의 수면경사와 단면을 이용하는 간접 유량산정법이고, 유속-면적법은 홍수 중 현장에서 유속과 단면을 직접 재는 직접 유량측정법이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
수위와 유량이 단순 일가관계를 보이지 않고 같은 수위에서도 상승기와 하강기의 유량이 달라지는 loop 현상은 비정상 흐름에서 나타난다. 이런 경우 기존 단일 수위-유량곡선을 그대로 쓰기 어렵기 때문에 조정이 필요하다.

② O
기준관측점과 보조관측점의 수위 차를 함께 측정하여 평균적인 수위하강고를 구하고, 이를 이용해 일정수위하강고 방법으로 조정하는 설명은 타당하다. 배수영향으로 동일 수위에서 유량이 달라질 때 하강고를 보조인자로 사용한다.

③ O
기준관측점과 보조관측점 사이 수위 차의 변화가 크고 그 하강고가 기준관측점 수위와 상관을 보이면 정상수위하강고 방법을 적용할 수 있다. 즉 하강고를 수위의 함수로 보아 조정하는 경우에 해당한다.

④ X
틀린 부분은 "기록홍수위에 해당하는 유량을 산정하는 방법으로 ... 유속-면적법 등이 있다"는 표현이다. 유속-면적법은 홍수 중 현장에서 유속과 단면을 직접 측정하는 방법이므로 과거 홍수 흔적만으로 기록홍수 유량을 산정하는 대표적 간접법으로 보기 어렵다. 올바르게는 기록홍수위나 홍수 흔적을 이용한 간접 유량산정에는 경사-면적법 등이 해당하고, 전대수지법과 Stevens 방법은 관측된 수위-유량자료를 바탕으로 고수위 구간의 관계곡선을 연장하는 외삽법으로 구분한다.

오답 포인트

④는 간접 유량산정법과 직접 유량측정법을 섞어 놓은 선지이다. 수험생이 경사-면적법, 전대수지법, Stevens 방법이 모두 고수위 추정과 관련된다는 이유만으로 같은 부류라고 보면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 여러 방법명이 함께 나오면 먼저 조정법인지, 고수위 외삽법인지, 홍수 후 흔적을 이용한 간접 산정법인지, 현장 직접 측정법인지를 구분하면 된다. 특히 유속-면적법은 직접 측정법이라는 점을 잡으면 ④의 오류를 바로 찾을 수 있다.

암기 포인트

조정은 하강고로 보정하고, 연장은 전대수지법·Stevens 방법으로 수행하며, 기록홍수 간접유량은 경사-면적법이 대표적이다.

NoteBase

문 15. 어떤 홍수로 하천에 유량이 증가하여, 제외지 수위가 5m까지 상승하였고 제내지 수위가 1m로 형성되었다. 제방에 침투수가 통하는 길이는 40m이고 투수계수는 0.4m/s일 때, 하천 제방 단면 1m당 누수량[m^3/s]은?

① 0.12

② 0.24

③ 0.48

④ 0.60

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 제방 침투에서 단위 폭당 누수량을 구하는 공식과 수두차 적용을 정확히 할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 제외지 수위 5m, 제내지 수위 1m, 침투 길이 40m, 투수계수 0.4m/s이다.
구해야 할 값은 하천 제방 단면 1m당 누수량이다.
단면 1m당이므로 폭은 1m로 두고 계산한다.

사용할 공식

사용 공식은 $q = \frac{k(h_1^2 - h_2^2)}{2L}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 제방을 통한 비압축성 정상 침투에서 단위 폭당 유량을 상류측 수위와 하류측 수위, 침투 길이로 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

상류측 수위는 $h_1 = 5$, 하류측 수위는 $h_2 = 1$, 침투 길이는 $L = 40$, 투수계수는 $k = 0.4$이다.
따라서 $q = \frac{0.4(5^2 - 1^2)}{2 \times 40} = \frac{0.4 \times 24}{80} = 0.12$
따라서 단면 1m당 누수량은 $0.12 m^3/s$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과가 $0.12\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$이므로 옳다.
2번 X: 누수량을 $0.24\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$로 본 점이 틀렸다. 올바르게는 $q = 0.12$이다. 이 값은 $\frac{1}{2}$를 빠뜨리고 $q = \frac{k(h_1^2 - h_2^2)}{L}$처럼 계산할 때 나오는 과대값이다.
3번 X: 누수량을 $0.48\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$로 본 점이 틀렸다. 올바르게는 $q = 0.12$이다. 이 값은 수두차와 수위를 중복 반영하여 침투량을 지나치게 크게 잡을 때 나오는 값이다.
4번 X: 누수량을 $0.60\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$로 본 점이 틀렸다. 올바르게는 $q = 0.12$이다. 이 값은 투수계수에 수위를 단순 곱하는 식으로 경사와 침투 길이 조건을 무시할 때 나오는 오답이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 수위차 $5 - 1 = 4$만 보고 단순 곱셈으로 처리하거나, $\frac{1}{2}$ 항을 빠뜨려 누수량을 두 배로 계산하는 데 있다. 침투 길이 40m가 분모로 들어가고, 수위는 제곱차 형태로 들어간다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

제방 침투 계산 문제가 나오면 먼저 상류측 수위와 하류측 수위를 구분하고, 다음에 침투 길이를 확인한 뒤, 마지막에 $q = \frac{k(h_1^2 - h_2^2)}{2L}$로 단위 폭당 유량을 계산하면 된다.

암기 포인트

제방 단위 폭당 침투량은 투수계수 곱하기 수위의 제곱차를 $2L$로 나눈 값이다.

NoteBase

문 16. 단위유량도에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 단위도의 주요 가정에는 일정 기저시간 가정, 비례가정, 중첩가정 등이 있다.

② 비슷한 지속기간을 가진 강우사상을 여러 가지 분석하여 같은 지속기간에 대한 유역의 평균 단위도를 얻는다.

③ 유역면적이 크면 강우분포가 불균일하게 되므로, 소유역으로 분할하여 적용하는 것이 필요하다.

④ 해석목적으로 선정되는 호우는 그 지속기간이 비교적 길어야 정확한 결과를 얻을 수 있다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 단위도의 기본 가정, 평균 단위도 작성 방법, 대유역 적용상의 주의점, 해석용 호우의 선정 조건을 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

단위도는 일정한 지속기간의 유효우량 1단위가 유역에 균일하게 내릴 때 나타나는 직접유출수문곡선이다. 단위도 해석은 같은 지속기간의 유효우량에 대해 유출이 비례하고 중첩될 수 있다는 선형 응답 가정에 서며, 대유역에서는 강우의 공간분포가 불균일해지므로 소유역 분할 적용이 필요하다.

선지별 해설

① O. 단위도의 대표 가정에는 같은 지속기간의 유효우량에 대한 비례가정과 중첩가정이 있고, 이에 따라 기저시간을 일정하게 보는 선형 응답 해석을 사용한다.
② O. 같은 지속기간을 가진 여러 강우사상에서 단위도를 구해 평균하면 그 지속기간에 대한 평균 단위도를 얻을 수 있다.
③ O. 유역면적이 커질수록 강우의 공간적 균일성을 가정하기 어려워지므로 소유역별로 나누어 단위도를 적용한 뒤 합성하는 방식이 타당하다.
④ X. 틀린 부분은 "지속기간이 비교적 길어야"이다. 단위도 해석에 쓰는 호우는 유효우량의 지속기간이 비교적 짧고 분포가 단순한 것이 적합하다. 올바르게는 "해석목적으로 선정되는 호우는 그 지속기간이 비교적 짧아야 정확한 결과를 얻기 쉽다"이다.

오답 포인트

4번은 호우의 지속기간이 길수록 해석이 정확하다고 바꿔 놓은 함정이다. 단위도는 짧고 비교적 균일한 유효우량 사건일수록 가정에 잘 맞으므로, "길다"와 "짧다"를 뒤집은 표현을 특히 경계해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

단위도 문항에서는 먼저 같은 지속기간의 유효우량에 대한 선형성, 즉 비례가정과 중첩가정을 떠올리고, 대유역은 소유역 분할이 필요하다는 점을 확인한다. 이어서 해석용 호우는 길고 복잡한 사건이 아니라 짧고 단순한 사건이 적합하다는 기준으로 선지를 판별한다.

암기 포인트

단위도는 짧은 유효우량 1단위에 대한 선형 응답이며, 대유역은 소유역 분할 후 적용하는 개념이다.

NoteBase

문 17. <보기>는 어느 지역의 30분간 집중호우를 5분 단위로 관측한 강우자료이다. 강우 지속기간이 10분일 때, 최대 강우강도[mm/hr]는?

<보기>

시간(분)	우량(mm)	시간(분)	우량(mm)
0~5	1	15~20	5
5~10	4	20~25	8
10~15	2	25~30	7

① 45

② 90

③ 135

④ 180

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 5분 단위 강우자료에서 연속 10분의 최대 우량을 찾은 뒤 이를 시간당 강우강도로 환산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 5분 우량은 순서대로 1, 4, 2, 5, 8, 7mm이다.
구해야 할 값: 지속기간 10분일 때 최대 강우강도이다.
주의할 조건: 10분 강우량은 연속한 5분 구간 두 개의 합으로 구하고, 그중 최댓값을 시간당 값으로 환산한다.

사용할 공식

연속 10분 최대 우량을 $P_{10,\max}$라 하면 최대 강우강도는 $I = \frac{P_{10,\max}}{10} \times 60 = P_{10,\max} \times \frac{60}{10}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 강우강도는 해당 지속기간 동안 내린 강우량을 1시간 기준으로 바꾼 값이므로, 10분 최대 우량에 60/10 = 6을 곱하면 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 연속 10분 우량을 계산하면 $1+4=5$, $4+2=6$, $2+5=7$, $5+8=13$, $8+7=15$ mm이다.
2. 이 중 최댓값은 20~30분 구간의 15mm이다.
3. 따라서 최대 강우강도는 $I = 15 \times \frac{60}{10} = 15 \times 6 = 90$ mm/hr이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과는 45mm/hr가 아니라 90mm/hr이다. 45mm/hr는 10분 최대 우량 15mm를 시간당으로 완전히 환산하지 못한 값이다. 올바르게는 최대 10분 강우강도는 90mm/hr이다.
② O: 연속 10분 최대 우량은 $8+7=15$ mm이고, 이를 시간당으로 환산하면 $15 \times 6 = 90$ mm/hr이므로 옳다.
③ X: 135mm/hr는 연속 10분 최대 우량과 시간 환산을 함께 적용했을 때 나오지 않는 값이다. 최대 10분 강우강도는 90mm/hr로 보아야 한다.
④ X: 180mm/hr는 10분 지속기간에 대해 환산계수 60/10 = 6 대신 5분 기준의 60/5 = 12를 잘못 곱했을 때 나오는 값이다. 올바르게는 최대 10분 강우강도는 90mm/hr이다.

오답 포인트

가장 큰 단일 5분 우량만 보거나, 연속 10분 최대 우량 15mm를 구한 뒤 환산계수만 잘못 적용하면 오답이 나온다. 이 문항의 핵심 함정은 최대 우량을 찾는 단계와 시간 환산 단계를 분리해서 처리하지 않는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

지속기간이 10분이면 먼저 연속한 5분 구간 두 칸의 합을 모두 구해 최대 우량을 찾고, 마지막에 60/10을 곱해 mm/hr로 환산하면 된다.

암기 포인트

지속기간 d분 최대강우강도는 연속 d분 최대우량에 $60/d$를 곱한 값이다.

NoteBase

문 18. 어느 유역에서 2 시간 단위도로부터 얻은 S곡선이 <보기>와 같다. S곡선으로 유도한 1 시간 단위도의 6시간째 종거[m^3/s]는?

<보기>

시간 (hr)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
S곡선 (m^3/s)	0	3	6	12	18	24	28	31	32	33	33

① 4

② 8

③ 16

④ 24

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 2시간 단위도로 만든 S곡선에서 1시간 시차의 차분을 구한 뒤 배율을 조정하여 1시간 단위도의 주어진 시간대 종거를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 2시간 단위도로부터 얻은 S곡선 종거가 시간별로 0, 3, 6, 12, 18, 24, 28, 31, 32, 33, 33이다.
구해야 할 값: S곡선으로 유도한 1시간 단위도의 6시간째 종거이다.
주의할 조건: S곡선의 1시간 차분만 구하면 0.5단위도의 종거가 되므로 최종적으로 2배를 해야 1시간 단위도가 된다.

사용할 공식

사용 공식은 $U_{1hr}(t) = \frac{D}{D'}[S(t) - S(t - D')]$ 이다. 여기서 원래 단위도의 지속시간은 $D = 2hr$, 구하려는 단위도의 지속시간은 $D' = 1hr$ 이므로 $U_{1hr}(t) = 2[S(t) - S(t - 1)]$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: S곡선은 같은 2시간 단위도를 연속 합성한 곡선이므로, 1시간 시차의 두 S곡선 차를 취하면 1시간 동안의 유효우량에 대응하는 수문곡선을 얻을 수 있고, 그 우량깊이가 0.5단위이므로 2배하여 1시간 단위도로 환산한다.

NoteBase

계산 과정

1. 6시간째와 5시간째의 S곡선 종거를 읽으면 각각 28, 24이다.
2. 1시간 시차의 차분은 $28 - 24 = 4$ 이다.
3. 이 값은 0.5단위도의 종거이므로 2배하여 $4 \times 2 = 8$ 이다.

따라서 1시간 단위도의 6시간째 종거는 8이다.

선지 판단

1번 4: X. 4는 $28 - 24$까지만 계산한 값이다. S곡선 차분 뒤에 배율 2를 곱하지 않은 값이므로 틀리다. 올바르게는 8이다.

2번 8: O. 6시간째 종거는 $2 \times (28 - 24) = 8$ 이므로 맞다.

3번 16: X. 16은 차분값 4에 배율을 잘못 두 번 적용하거나 환산 개념을 혼동했을 때 나올 수 있는 값이다. 이 문항의 올바른 종거는 8이다.

4번 24: X. 24는 5시간째 S곡선 종거를 그대로 읽은 값으로, 1시간 단위도 종거가 아니다. S곡선 값 자체와 차분 후 환산한 단위도 종거를 구분해야 하며 올바른 값은 8이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 S곡선의 인접 종거 차 $28 - 24 = 4$만 구하고 끝내는 것이다. 2시간 단위도에서 1시간 단위도로 바꾸는 과정에서는 차분 뒤에 반드시 $2/1 = 2$의 배율을 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

S곡선 전환 문제는 원래 지속시간과 목표 지속시간을 먼저 확인한 뒤, 목표 시차만큼 S곡선을 차분하고 마지막에 D/D' 배율을 곱하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

S곡선에서 짧은 지속시간 단위도는 시차 차분 후 D/D' 배율로 환산한다.

NoteBase

문 19. 면적 $2km^2$인 저수지에서 증발량 측정을 위해 증발접시를 설치하여 <보기>와 같은 자료를 얻었다. 매일 일정한 수위를 유지하기 위하여 <보기>와 같이 물을 보충하였을 때, 이 저수지에서의 일 평균 증발량$[m^3]$은? (단, 증발접시 계수는 0.7이다.)

<보기>

시간(일)	1	2	3	4	5	6	7
강우량(mm)	3	0	0	5	0	2	0
보충수량(mm)	12	16	17	10	15	12	18

① 20,000

② 22,000

③ 28,571

④ 31,429

정답 2번

출제 포인트

증발접시의 보충수량과 강우량으로 접시 증발량을 구한 뒤, 증발접시 계수를 적용하여 저수지의 일 평균 증발량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

저수지 면적은 $2km^2$이다.
7일간 강우량 합계는 10mm이다.
7일간 보충수량 합계는 100mm이다.
증발접시 계수는 0.7이다.

사용할 공식

$E_p = P + S$

$E_r = K_p E_p$

$V = \bar{E_r} \times A$

수위를 일정하게 유지했으므로 접시에서 줄어든 수량은 강우와 보충수량의 합으로 본다. 그 뒤 증발접시 계수를 곱해 실제 저수지 수면의 증발깊이로 환산하고, 면적을 곱해 체적으로 바꾼다.

NoteBase

계산 과정

1. 7일간 접시 증발량 합계는 강우량과 보충수량의 합이므로 10 + 100 = 110 mm이다.
2. 접시의 일 평균 증발깊이는 110/7 = 15.714 mm/day이다.
3. 저수지의 일 평균 증발깊이는 0.7 × 15.714 = 11 mm/day이므로 0.011 m/day이다.
4. 일 평균 증발량은 0.011 × 2,000,000 = 22,000 m^3/day이다.

선지 판단

1번: X. 20,000m^3은 보충수량 100mm만 사용하고 강우량 10mm를 빠뜨린 값이다. 수위 유지 조건에서는 강우도 접시에 유입되므로 접시 증발량은 110mm로 계산해야 한다. 틀린 표현은 \"일 평균 증발량이 20,000m^3이다\"이고, 올바르게는 \"일 평균 증발량은 22,000m^3이다\"이다.
2번: O. 7일 평균 접시 증발깊이 15.714mm/day에 증발접시 계수 0.7을 곱하면 저수지 증발깊이는 11mm/day이고, 이를 면적 2km^2에 적용하면 22,000m^3/day가 된다.
3번: X. 28,571m^3은 보충수량만 7일 평균으로 만든 뒤 바로 면적을 곱해 강우량과 증발접시 계수를 모두 반영하지 않은 값이다. 틀린 표현은 \"일 평균 증발량이 28,571m^3이다\"이고, 올바르게는 \"일 평균 증발량은 22,000m^3이다\"이다.
4번: X. 31,429m^3은 강우량과 보충수량을 더한 접시 증발량은 사용했지만 증발접시 계수 0.7을 적용하지 않은 값이다. 틀린 표현은 \"일 평균 증발량이 31,429m^3이다\"이고, 올바르게는 \"일 평균 증발량은 22,000m^3이다\"이다.

오답 포인트

수위 유지형 문제에서 보충수량만 증발량으로 보고 강우량을 빼먹기 쉽다. 또 접시에서 구한 증발깊이에 증발접시 계수 0.7을 적용하지 않거나, mm를 m로 바꾸지 않고 면적을 곱하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

수위 유지형 증발접시 문제는 먼저 강우량과 보충수량을 합쳐 접시 증발량을 구하고, 다음에 증발접시 계수를 곱해 실제 수면 증발깊이로 바꾼 뒤, 마지막에 면적을 곱해 체적으로 환산하면 된다.

암기 포인트

수위 유지형은 \"강우량 + 보충수량 = 접시 증발량\", 실제 저수지 증발량은 여기에 접시 계수를 곱한 값이다.

NoteBase

문 20. 어떤 소유역에 <보기>와 같이 강우가 발생하였을 때, NRCS 방법을 이용하여 산정한 최대잠재보유수량 [mm]은?

<보기>

강우 발생 기간	SCS-CN			강수량 (mm)	선행 5일 강수량(mm)
	AMC-I	AMC-II	AMC-III		
2024. 8. 11.~8. 19.	50	70	84	110.0	15.0

① 64

② 127

③ 254

④ 508

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 선행 5일 강수량으로 AMC를 판정한 뒤 NRCS 방법의 최대잠재보유수량 S를 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

강우 발생 시기는 8월이므로 생장기 조건이다. 선행 5일 강수량은 15.0mm이다. 생장기에서 선행 5일 강수량이 35.6mm 미만이면 AMC-I이므로 사용할 CN은 50이다. 구해야 할 값은 최대잠재보유수량 S이다.

사용할 공식

NRCS SCS-CN 방법에서 최대잠재보유수량은 $S = \frac{25400}{CN} - 254$ 이다. 이 공식을 쓰는 이유는 AMC 판정 후 선택한 CN으로부터 잠재최대보유수량을 바로 환산하는 식이기 때문이다.

계산 과정

1. 8월은 생장기이므로 선행 5일 강수량 15.0mm는 AMC-I에 해당한다.
2. 표에서 AMC-I의 CN은 50이다.
3. $S = \frac{25400}{50} - 254 = 508 - 254 = 254mm$

따라서 최대잠재보유수량은 254mm이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 64mm는 계산값 254mm와 다르다. 올바르게는 최대잠재보유수량이 254mm이다.
2번 X: 127mm는 계산값 254mm와 다르다. 올바르게는 최대잠재보유수량이 254mm이다.
3번 O: AMC-I에서 CN=50을 적용하면 $S = 254mm$가 되어 계산값과 일치한다.
4번 X: 508mm는 25400/50까지만 계산하고 뒤의 -254를 빼지 않은 값이다. 올바르게는 $508 - 254 = 254mm$이다.

오답 포인트

선행 5일 강수량 15.0mm를 보고 AMC를 잘못 고르면 CN이 달라져 전체 계산이 틀어진다. 또 $S = 25400/CN - 254$에서 마지막 -254를 누락하면 508mm가 그대로 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

NRCS CN 문제는 먼저 계절로 AMC 기준을 정하고, 다음에 선행 5일 강수량으로 AMC를 판정한 뒤, 해당 CN을 $S = 25400/CN - 254$에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

생장기 선행 5일 강수량 15mm는 AMC-I이고, CN이 작을수록 최대잠재보유수량 S는 커진다.

NoteBase