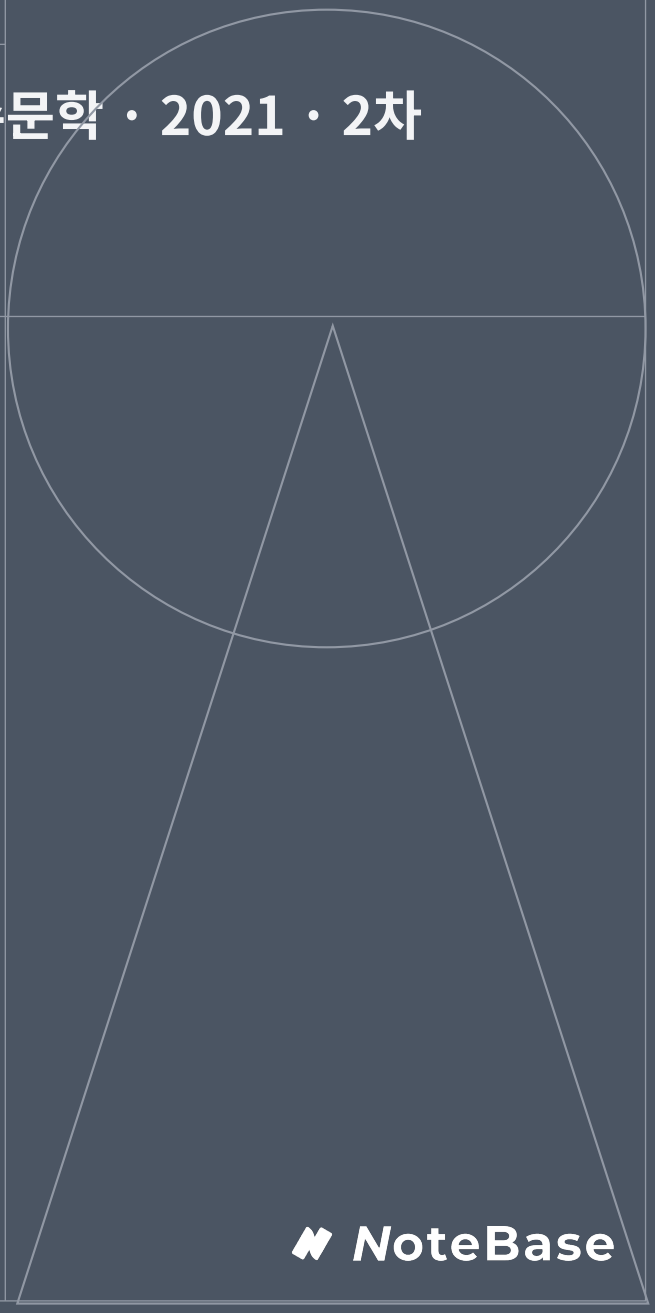
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2021 · 2차



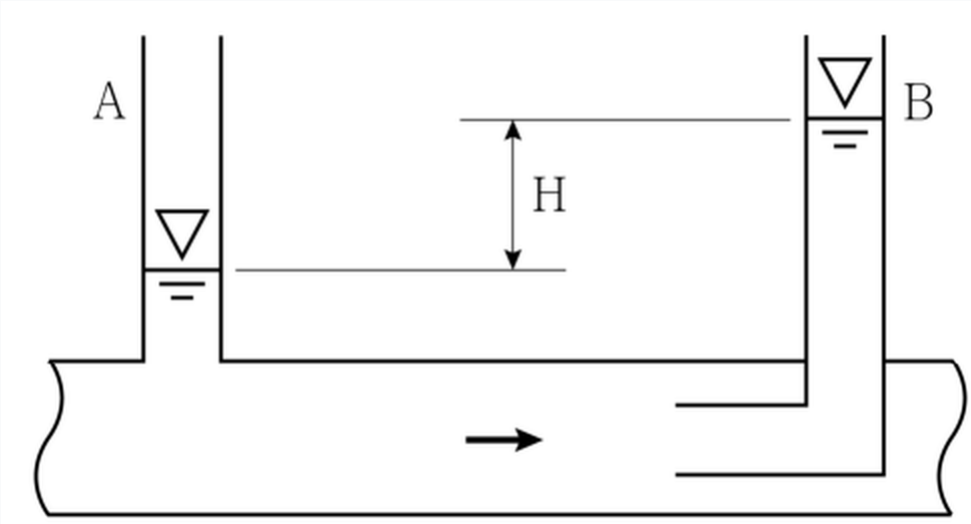
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2021 · 2차

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2021 · 2차

문 1. 그림과 같이 관 내부의 유속을 구하기 위해 B 지점에 Pitot 관을 삽입하였다. 관 내부의 유속이 3m/s**일 경우, A와 B 지점에서의 관 내 수면차** $H[\text{m}]$**는? (단, 관로 내 점성에 의한 에너지 손실은 없는 것으로 가정하고, 중력가속도** $g = 10\text{m/s}^2$**이다)**



① 0.25

② 0.45

③ 0.65

④ 0.85

정답 2번

출제 포인트

피에조미터(정압관)와 피토관(동압관)이 각각 무엇을 측정하는지 구분하고, 두 관의 수면차가 곧 유속수두(속도수두)임을 이용해 H를 구하는 문제이다. A 지점의 관은 관벽에 뚫린 단순 피에조미터로 정수압에 의한 압력수두(피에조미터 수두)만을 나타내고, B 지점에 삽입된 피토관은 흐름을 정면으로 마주보며 유체를 정체시키므로 압력수두와 속도수두를 합한 정체압수두(전수두 중 위치수두를 제외한 값)를 나타낸다.

NoteBase

조건 정리

관 내부 유속 $V = 3$ m/s, 중력가속도 $g = 10$ m/s^2, 관로 내 점성에 의한 에너지 손실 없음(비점성, 손실수두 0), A와 B는 같은 관로 상의 같은 높이에 위치하며 정압(피에조미터 수두)은 서로 같다고 볼 수 있다.

사용할 공식

베르누이 정리에 의해 임의의 한 단면에서 전수두는 위치수두 + 압력수두(피에조미터 수두) + 속도수두로 구성된다. 피토관이 흐름을 정체시키는 지점(B)의 수면 높이는 위치수두와 압력수두에 속도수두 $\frac{V^2}{2g}$가 더해진 높이까지 올라가고, 단순 피에조미터(A)의 수면 높이는 압력수두만을 나타낸다. 따라서 두 수면의 높이차는 $H = \frac{V^2}{2g}$ 로 계산된다.

계산 과정

$H = \frac{V^2}{2g} = \frac{3^2}{2 \times 10} = \frac{9}{20} = 0.45$ m 이다.

선지 판단

① 0.25 → $V^2/2g$ 계산 시 분모나 제곱을 잘못 적용한 값으로, 실제 계산값과 다르므로 틀렸다.
② 0.45 → $H = 3^2/(2 \times 10) = 0.45$ m로 정확히 일치하므로 옳다.
③ 0.65 → 속도수두에 다른 항(예: 위치수두 차이 등)을 더해 과대 계산한 값으로 틀렸다.
④ 0.85 → 속도수두를 두 배 가까이 과대평가하거나 다른 값과 혼동한 결과로 틀렸다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 A의 피에조미터와 B의 피토관을 같은 종류의 계측 장치로 착각해 두 수면이 같은 높이여야 한다고 생각하는 것이다. 피토관은 흐름을 막아 세우는 지점이므로 운동에너지가 압력에너지로 전환되어 그만큼 수면이 더 높아진다는 점을 놓치면 H를 0으로 잘못 판단하게 된다. 또한 속도수두 공식 $V^2/2g$에서 제곱을 빠뜨리거나 2를 곱하지 않는 계산 실수도 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

그림에서 관벽에 수직으로 뚫려 있을 뿐인 관(A)과, 유동 방향을 마주보도록 굽어 삽입된 관(B)을 먼저 구분한다. 마주보는 관이 피토관이며 그 수면과 단순 피에조미터 수면의 차이는 항상 속도수두 $V^2/2g$와 같다는 원리만 적용하면 손실이 없는 한 계산은 한 줄로 끝난다.

암기 포인트

피에조미터 수두차 = 속도수두 = $\frac{V^2}{2g}$. 점성에 의한 손실이 없다는 단서가 주어지면 두 수면차는 오직 속도수두만으로 결정된다는 것을 기억해 둔다.

NoteBase

문 2. 폭이 28m인 사각형 수로에 수심 1.8m의 물이 $3.5m/s$로 흐르고 있을 때, 비에너지$[m]$는? (단, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다)

① 1.80

② 2.41

③ 3.23

④ 3.50

정답 2번

출제 포인트

개수로 흐름에서 비에너지(比에너지, specific energy)를 구하는 기본 공식 적용 문제이다. 비에너지는 수로 바닥을 기준으로 한 단위중량당 에너지로, 수심(위치에너지 성분)과 유속수두(운동에너지 성분)의 합으로 정의된다.

조건 정리

수로 폭 $b = 28\text{m}$, 수심 $y = 1.8\text{m}$, 유속 $V = 3.5\text{m/s}$, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$이 주어졌다. 유속 V가 이미 직접 제시되어 있으므로 유량이나 통수단면적을 구하는 절차 없이 바로 비에너지 공식에 대입하면 된다. 수로 폭 28m는 유속이 별도로 주어졌기 때문에 이 계산에는 사용되지 않는 조건이다.

사용할 공식

개수로의 비에너지는 다음과 같이 정의된다.

$E = y + \frac{V^2}{2g}$

여기서 y는 수심, V는 평균유속, g는 중력가속도이다.

계산 과정

주어진 값을 공식에 대입한다.

$E = 1.8 + \frac{3.5^2}{2 \times 10} = 1.8 + \frac{12.25}{20} = 1.8 + 0.6125 = 2.4125\text{m}$

소수 셋째 자리에서 반올림하면 $E \approx 2.41\text{m}$이다.

NoteBase

선지 판단

① 1.80 — 수심 y만 계산한 값이다. 유속수두 $V^2/2g$를 더하지 않아 비에너지가 아니라 수심 그 자체이므로 틀린 표현이다 → 올바른 표현은 수심에 유속수두를 더한 2.41이다.
② 2.41 — $E = y + V^2/2g = 1.8 + 0.6125 = 2.4125$m로 계산 결과와 일치한다. 정답이다.
③ 3.23 — 유속수두를 두 배로 계산하거나 중력가속도를 잘못 대입했을 때 나올 수 있는 값으로, 공식 적용이 잘못된 오답이다 → 올바른 표현은 $V^2/2g$를 한 번만 더한 2.41이다.
④ 3.50 — 주어진 유속 값 3.5m/s를 그대로 옮겨 적은 값으로, 비에너지 계산을 하지 않은 오답이다 → 올바른 표현은 수심과 유속수두를 더한 2.41이다.

오답 포인트

비에너지를 수심과 혼동하거나(①), 유속 값 자체를 답으로 착각하는 것(④)이 대표적인 실수이다. 또한 유속수두 계산 시 제곱을 빠뜨리거나 $2g$가 아닌 g로 나누는 계산 실수(③과 유사한 결과)도 자주 발생한다. 수로 폭 28m와 같이 문제에서 주어졌지만 계산에 쓰이지 않는 조건이 있을 수 있다는 점도 유의해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

비에너지 문제가 나오면 먼저 수심 y와 유속 V가 직접 주어졌는지 확인한다. 직접 주어졌다면 유량·단면적 계산 없이 곧바로 $E = y + V^2/2g$에 대입한다. 유속이 주어지지 않고 유량과 단면 형상만 주어졌다면, 먼저 $V = Q/A$로 유속을 구한 뒤 같은 공식을 적용한다.

암기 포인트

비에너지 공식 $E = y + \frac{V^2}{2g}$을 기본형으로 암기해 둔다. 여기서 y는 수심(위치에너지 항), $\frac{V^2}{2g}$는 유속수두(운동에너지 항)이다.

NoteBase

문 3. 유체의 기본성질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 단위중량은 밀도와 중력가속도의 곱이다.

② 수면에서 깊이가 3h인 지점의 수압은 깊이가 h인 지점의 수압보다 3배 크다.

③ 정수압은 수중물체의 표면에 항상 수직 방향으로 작용한다.

④ 어떤 유체의 비중은 물의 단위중량을 그 유체의 단위중량으로 나눈 값이다.

정답 4번

출제 포인트

유체의 단위중량·정수압·비중이라는 기본 개념을 정의식과 함께 정확히 알고 있는지를 묻는 문제이다. 특히 비중을 정의할 때 분자와 분모를 뒤바꿔 외우는 실수를 유도하는 선지가 핵심이다.

사용할 공식

단위중량 $\gamma = \rho g$ (밀도와 중력가속도의 곱)
정수압 $P = \gamma h$ (수면으로부터의 깊이에 비례)
비중 S = _유체_물 (해당 유체의 단위중량을 물의 단위중량으로 나눈 값)

선지 판단

① O — 단위중량 γ는 밀도 ρ와 중력가속도 g의 곱으로 정의된다($\gamma = \rho g$). 옳은 설명이다.
② O — 정수압은 $P = \gamma h$로 깊이 h에 비례한다. 깊이가 3h인 지점의 수압은 $\gamma(3h) = 3(\gamma h)$로, 깊이가 h인 지점의 수압의 3배가 된다. 옳은 설명이다.
③ O — 정수 상태의 유체는 전단력이 작용하지 않으므로, 정수압은 접한 면에 항상 수직 방향으로 작용한다. 수중에 잠긴 물체의 표면에서도 마찬가지이다. 옳은 설명이다.
④ X — 비중은 어떤 유체의 단위중량을 물의 단위중량으로 나눈 값(S=_유체/_물)으로 정의된다. 그런데 이 선지는 반대로 물의 단위중량을 그 유체의 단위중량으로 나눈 값이라고 서술하여 분자와 분모가 뒤바뀌어 있다. 틀린 표현 → 올바른 표현: "물의 단위중량을 그 유체의 단위중량으로 나눈 값" → "그 유체의 단위중량을 물의 단위중량으로 나눈 값". 옳지 않은 설명이므로 이 문제의 정답이다.

오답 포인트

비중의 정의식에서 분자·분모 자리를 바꿔 놓아도 언뜻 보면 자연스럽게 읽히기 때문에 속기 쉽다. 비중은 항상 '기준(물)'이 분모, '대상 유체'가 분자라는 점을 정확히 구분해야 한다. 또한 ②처럼 수압이 깊이에 비례한다는 선형관계를 헷갈려 배수 계산을 틀리지 않도록 주의한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

비중·단위중량·밀도·수압 관련 선지가 나오면 먼저 각 정의식 $\gamma = \rho g$, $P = \gamma h$, S=_유체/_물을 떠올린 뒤, 선지의 문장을 그 식과 한 글자씩 대조하며 분자·분모나 곱셈·나눗셈 순서가 뒤바뀌지 않았는지 확인한다.

암기 포인트

단위중량 = 밀도 × 중력가속도($\gamma = \rho g$), 정수압 = 단위중량 × 깊이($P = \gamma h$), 비중 = 유체의 단위중량 ÷ 물의 단위중량으로 순서를 고정해 기억한다.

NoteBase

문 4. 어느 유역에 합리식을 이용하여 재현기간 10년에 해당하는 설계유량을 산정하고자 한다. 도달시간은 30분, 유역면적은 1km^2, 평균유출계수는 0.5일 때, 이 유역에서의 설계유량$[\text{m}^3/\text{s}]$은? (단, 이 유역의 10년 빈도 강우강도식은 $I = \frac{1,000}{t_c + 10}\text{mm/hr}$, t_c는 분(min)이다)

① 약 3.5

② 약 4.0

③ 약 7.0

④ 약 12.4

정답 1번

출제 포인트

합리식(Rational Formula)을 이용해 첨두 설계유량을 구하는 문제다. 도달시간을 강우지속시간(유달시간)으로 보고 주어진 강우강도식에 대입해 강우강도를 구한 뒤, 유출계수·유역면적과 함께 합리식에 넣어 유량 단위를 환산하는 계산 능력을 확인한다.

조건 정리

도달시간(집중시간) $t_c = 30$분, 유역면적 $A = 1\ \text{km}^2$, 평균유출계수 $C = 0.5$, 10년 빈도 강우강도식 $I = \frac{1,000}{t_c + 10}\ \text{mm/hr}$이다. 합리식에서는 강우지속시간을 도달시간과 같다고 보므로 $t_c = 30$분을 강우강도식에 그대로 대입한다.

사용할 공식

합리식(단위 환산 포함): $Q = \frac{1}{3.6} CIA$ 여기서 Q는 m^3/s, I는 mm/hr, A는 km^2 단위이며, 계수 1/3.6은 $\text{mm} \cdot \text{km}^2/\text{hr}$를 m^3/s로 환산하는 상수이다.

계산 과정

먼저 강우강도를 구한다. $I = \frac{1,000}{30 + 10} = \frac{1,000}{40} = 25\ \text{mm/hr}$ 이를 합리식에 대입한다.
$Q = \frac{1}{3.6} \times 0.5 \times 25 \times 1 = \frac{12.5}{3.6} \approx 3.47\ \text{m}^3/\text{s}$ 따라서 설계유량은 약 $3.5\ \text{m}^3/\text{s}$이다.

NoteBase

선지 판단

① 약 3.5 → O. 강우강도 25 mm/hr, 유출계수 0.5, 유역면적 1 km^2를 합리식 $Q = CIA/3.6$에 대입한 값과 일치한다.
② 약 4.0 → X. 강우강도나 유출계수를 반영하지 않고 단순 반올림하거나 계수 적용을 누락했을 때 나오는 오답이다.
③ 약 7.0 → X. 유출계수 0.5를 곱하지 않고 $Q = IA/3.6 = 25/3.6$만 계산하면 나오는 값으로, 유출계수 반영을 빠뜨린 오답이다.
④ 약 12.4 → X. 강우강도식에서 도달시간을 분 단위가 아니라 시간 단위(0.5)로 잘못 넣어 $I = 1{,}000/(0.5 + 10) \approx 95.2$로 계산하는 등 단위를 혼동했을 때 나올 수 있는 오답이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 두 가지다. 첫째, 강우강도식의 t_c는 분 단위이므로 30분을 그대로 대입해야 하며 시간 단위로 환산하면 안 된다. 둘째, 합리식에서 단위를 mm/hr, km^2로 쓸 때는 반드시 1/3.6의 환산계수를 곱해야 하며, 이를 빠뜨리면 값이 3.6배 커진 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

합리식 문제는 항상 세 단계로 접근한다. 먼저 도달시간(또는 유달시간)을 강우지속시간으로 보고 강우강도식에 대입해 강우강도를 구한다. 다음으로 유출계수와 유역면적을 확인한다. 마지막으로 $Q = CIA/3.6$에 대입하되 단위(mm/hr, km^2, m^3/s)를 맞추고 환산계수 1/3.6을 빠뜨리지 않는다.

암기 포인트

합리식: $Q = \frac{1}{3.6}CIA$ (m^3/s), I(mm/hr), A(km^2) 강우지속시간 = 도달시간(유달시간)으로 보고 강우강도식에 대입한다는 점, 환산계수 1/3.6을 반드시 곱한다는 점을 기억해 둔다.

NoteBase

문 5. 수공구조물을 설계할 때 재현기간 10년 빈도인 홍수가 4년 동안 적어도 한 번 이상 발생할 확률[%]은?

① 약 34.4

② 약 43.4

③ 약 57.3

④ 약 65.7

정답 1번

출제 포인트

재현기간(빈도)과 위험도(risk)의 관계를 계산하는 문제이다. 재현기간 T년 빈도의 홍수가 앞으로 n년 동안 적어도 한 번 이상 발생할 확률(수공학적 위험도)을 구할 수 있는지를 확인한다.

조건 정리

재현기간 $T = 10$년이므로 어느 한 해에 이 빈도의 홍수가 발생할 확률은 $p = \frac{1}{T} = \frac{1}{10} = 0.1$이다. 설계기간(구조물 사용 연수)은 $n = 4$년이다. 구하는 값은 4년 동안 적어도 한 번 이상 발생할 확률이다.

사용할 공식

적어도 한 번 이상 발생할 확률(위험도) R은 여사건을 이용해 구한다. 4년 동안 한 번도 발생하지 않을 확률을 1에서 빼는 방식이다.

$R = 1 - (1 - p)^n$

계산 과정

$p = 0.1$, $n = 4$를 대입한다.

$R = 1 - (1 - 0.1)^4 = 1 - (0.9)^4$

$0.9^2 = 0.81$이고 $0.9^4 = 0.81 \times 0.81 = 0.6561$이므로

$R = 1 - 0.6561 = 0.3439$

이를 백분율로 나타내면 약 34.4%이다.

선지 판단

① 약 34.4 → O, $1 - 0.9^4$를 정확히 계산한 값과 일치한다.

② 약 43.4 → X, 여사건 계산 과정에서 0.9^4를 잘못 계산했을 때 나오는 값으로, 지수 계산 실수에 해당한다.

③ 약 57.3 → X, 재현기간을 잘못 적용하거나(예: p를 다르게 설정) 계산 과정을 혼동했을 때 나오는 값으로 옳지 않다.

④ 약 65.7 → X, $1 - (1 - p)^n$ 대신 $(1 - p)^n$만 계산해 100에서 뺀 값과 유사한 형태로, 여사건 개념을 반대로 적용했을 때 나올 수 있는 값이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제에서 가장 흔한 실수는 위험도 공식을 $1-(1-p)^n$이 아니라 $(1-p)^n$이나 $1-(1-p)^{n-1}$ 등으로 잘못 적용하는 것이다. 또한 재현기간의 역수인 $p=1/T$를 구하지 않고 T 자체를 확률에 대입하는 실수도 나온다. 0.9^4를 계산할 때 $0.9\times 4=3.6$처럼 지수 계산을 곱셈으로 착각하지 않도록 주의해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

재현기간 T와 설계 기간(사용 연수) n이 주어지면 먼저 연간 발생확률 $p=1/T$를 구하고, 위험도 공식 $R=1-(1-p)^n$에 그대로 대입한다. 계산은 $(1-p)^n$을 먼저 구한 뒤 1에서 빼는 순서로 진행하면 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

수공구조물의 위험도(적어도 한 번 이상 발생할 확률) 공식은 $R=1-(1-p)^n=1-\left(1-\frac{1}{T}\right)^n$으로 외워 둔다. 여기서 p는 연간 발생확률, n은 내용연수(설계 기간), T는 재현기간이다.

NoteBase

문 6. $10mm$ **간격으로 평행하게 놓여진 2장의 평판 사이에 점성계수가** $20.0g_0/cm \cdot s$**인 액체가 들어 있다. 하부판을 고정시키고 상부판을** $3.0m/s$**의 속도로 움직일 때 발생하는 최대 전단응력**$[g_f/cm^2]$**은? (단, 중력가속도** $g = 9.8m/s^2$**이다)**

① 6,120

② 612

③ 61.2

④ 6.12

정답 4번

출제 포인트

뉴턴의 점성법칙 $\tau = \mu\frac{du}{dy}$을 이용해 평행평판 사이 유체의 전단응력을 구하고, 단위를 dyn/cm^{2}에서 gf/cm^{2}로 환산하는 문제이다. 판 간격이 매우 좁고 상부판만 등속으로 움직이므로 속도구배는 간격에 대해 선형이고 일정하다고 본다.

조건 정리

판 간격 $h = 10\text{mm} = 1\text{cm}$, 점성계수 $\mu = 20.0\text{g/(cm·s)}$(포아즈 단위), 상부판 속도 $V = 3.0\text{m/s} = 300\text{cm/s}$, 중력가속도 $g = 9.8\text{m/s}^2 = 980\text{cm/s}^2$이다. 하부판은 고정, 상부판만 움직이므로 속도구배는 간격 전체에 걸쳐 균일하다.

사용할 공식

뉴턴의 점성법칙 $\tau = \mu\frac{du}{dy}$를 사용한다. 여기서 속도구배는 $\frac{du}{dy} = \frac{V}{h}$로 근사한다. 계산 결과는 CGS 단위계에서 dyn/cm^{2}로 나오므로, 이를 gf/cm^{2}로 바꾸려면 1 gf = g × 1 g(질량) = 980 dyn 관계를 이용해 g로 나눈다.

계산 과정

속도구배: $\frac{du}{dy} = \frac{300\text{cm/s}}{1\text{cm}} = 300\text{s}^{-1}$

전단응력(CGS): $\tau = \mu\frac{du}{dy} = 20.0 \times 300 = 6{,}000\text{dyn/cm}^2$

단위 환산: $\tau = \frac{6{,}000\text{dyn/cm}^2}{980\text{cm/s}^2} = 6.12\text{gf/cm}^2$

따라서 최대 전단응력은 약 6.12gf/cm^2이다.

선지 판단

① 6,120 → X. 단위 환산(÷980)을 하지 않고 dyn/cm^2 값에 자릿수만 다르게 적은 오답이다.

② 612 → X. 환산 과정에서 소수점 자리를 잘못 옮긴 오답이다.

③ 61.2 → X. 마찬가지로 소수점 자리를 한 자리 잘못 옮긴 오답이다.

④ 6.12 → O. $\tau = \mu V/h$를 계산한 6,000dyn/cm^{2}를 $g = 980\text{cm/s}^2$로 나눈 값과 정확히 일치한다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, 간격 10 mm를 cm 단위(1 cm)로, 속도 3.0 m/s를 cm/s 단위(300 cm/s)로 반드시 통일해야 한다. 둘째, 점성계수가 g/(cm·s) 단위(포아즈, 질량 기준)로 주어졌으므로 계산 결과는 dyn/cm^{2}이고, 문제가 요구하는 gf/cm^{2}로 바꾸려면 중력가속도 980으로 나누는 절차를 빠뜨리면 안 된다. 이 환산을 생략하면 ①처럼 1000배 큰 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

평행평판 사이 뉴턴유체 문제는 먼저 모든 값을 cm-g-s 단위로 통일한 뒤 $\tau = \mu V/h$로 dyn/cm2를 구하고, 문제가 gf/cm2를 요구하면 그 값을 중력가속도(cm/s2 단위, 보통 980)로 나누어 마무리한다고 정리해 둔다.

암기 포인트

뉴턴의 점성법칙 $\tau = \mu \frac{du}{dy}$, 단위 환산 1gf/cm^2 = 980dyn/cm^2 (즉 dyn/cm2 값을 980으로 나누면 gf/cm2)를 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 7. 직선방향으로 곧게 형성되어 있는 비피압대수층에서 흐름방향으로 100 m 떨어진 두 지점에서의 지하수위가 각각 32 m와 30 m로 조사되었다. 대수층의 폭이 40 m이고 투수계수가 $0.2m/day$라 할 때 두 지점을 통해 흐르는 유량$[m^3/day]$은?

① 약 1

② 약 3

③ 약 5

④ 약 7

정답 3번

출제 포인트

비피압대수층(자유면 대수층)에서 흐름방향으로 두 지점의 지하수위(수두)와 거리, 대수층 폭, 투수계수가 주어졌을 때 두 지점 사이를 통과하는 유량을 듀피(Dupuit)식으로 구하는 문제다. 피압대수층의 선형 다르시 식과 달리, 비피압대수층은 수두가 곧 대수층의 포화 두께이므로 단면적이 위치에 따라 변하는 점을 반영한 듀피 가정식을 써야 한다는 것이 핵심이다.

조건 정리

두 지점 사이 거리 $L = 100\text{m}$, 상류 지점 지하수위(수두) $h_1 = 32\text{m}$, 하류 지점 지하수위(수두) $h_2 = 30\text{m}$, 대수층 폭 $b = 40\text{m}$, 투수계수 $K = 0.2\text{m/day}$.

사용할 공식

비피압대수층에서 폭 b인 구간을 통과하는 유량은 듀피의 포물선형 자유수면식으로부터 $Q = \frac{Kb(h_1^2 - h_2^2)}{2L}$ 로 구한다. 여기서 h_1, h_2는 각각 상류·하류 지점의 지하수위(대수층 바닥 기준 포화 두께)이다.

계산 과정

$Q = \frac{0.2 \times 40 \times (32^2 - 30^2)}{2 \times 100}$ 먼저 $32^2 - 30^2 = 1024 - 900 = 124$이다. 따라서
$Q = \frac{0.2 \times 40 \times 124}{200} = \frac{992}{200} = 4.96 \approx 5\text{m}^3/\text{day}$ 로 계산된다.

선지 판단

① 약 1: 듀피식을 쓰지 않고 단순 산술로 값을 지나치게 작게 계산한 경우에 나올 수 있는 값으로, 계산 결과와 맞지 않아 X이다.
② 약 3: 폭이나 수두차 반영이 누락되어 과소 계산된 값으로 X이다.
③ 약 5: 듀피식으로 계산한 결과 $Q \approx 4.96 \approx 5\text{m}^3/\text{day}$와 일치하므로 O이다.
④ 약 7: 단면적을 두 지점 수두의 평균만으로 단순화하거나 계산 과정에서 값을 과대 산정한 경우에 나올 수 있는 값으로 X이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 피압대수층처럼 단면적을 일정한 값(예: 평균 대수층 두께 하나)으로 놓고 선형 다르시 식 $Q = KA\frac{\Delta h}{L}$을 그대로 적용하는 것이다. 비피압대수층은 수두 자체가 포화 두께이므로 위치마다 단면적이 달라지고, 이를 적분하면 $h_1^2 - h_2^2$ 형태의 듀피식이 나온다는 점을 놓치면 다른 값이 나온다. 또한 제곱 계산에서 $32^2 - 30^2$을 $(32 - 30)^2$처럼 잘못 전개하지 않도록 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

문제에서 '비피압대수층(자유면대수층)'이라는 표현과 '지하수위(수두) 두 값'이 함께 나오면 곧바로 듀피식 $Q = \frac{Kb(h_1^2 - h_2^2)}{2L}$을 떠올린다. 반대로 '피압대수층'이고 대수층 두께가 일정하게 주어지면 선형 다르시 식 $Q = KA\frac{\Delta h}{L}$을 쓴다는 점으로 구분해서 판단한다.

암기 포인트

비피압대수층 유량 공식: $Q = \frac{Kb(h_1^2 - h_2^2)}{2L}$ (수두 제곱 차, 2L로 나눔) — 피압대수층의 $Q = KA\frac{h_1 - h_2}{L}$와 형태가 다르다는 것을 짝으로 외워 둔다.

NoteBase

문 8. 수심이 $0.2m$로 흐르고 있는 정사각형 단면의 수로에서 단위폭당 유량은 $0.1m^3/s/m$이고, 에너지 보정계수는 1.0이다. 이 흐름의 한계수심$[m]$은? (단, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다)

① 0.03

② 0.05

③ 0.10

④ 0.15

정답 3번

출제 포인트

직사각형(정사각형) 단면 수로에서 단위폭당 유량과 에너지 보정계수가 주어졌을 때 한계수심(임계수심)을 구하는 문제이다. 실제 흐름의 수심(0.2 m)은 한계수심 계산과 무관한 정보이며, 한계수심은 오직 단위폭당 유량 q, 에너지 보정계수 α, 중력가속도 g에 의해서만 결정된다는 점이 핵심이다.

조건 정리

단위폭당 유량 $q = 0.1$ $\mathrm{m^3/s/m}$, 에너지 보정계수 $\alpha = 1.0$, 중력가속도 $g = 10$ $\mathrm{m/s^2}$이다. 직사각형 단면에서 비에너지가 최소가 되는 수심이 한계수심이며, 이때 프루드수는 1이 된다.

사용할 공식

직사각형 단면 수로의 한계수심 공식은 $y_c = \left(\frac{\alpha q^2}{g}\right)^{1/3}$ 이다.

계산 과정

주어진 값을 대입하면 $y_c = \left(\frac{1.0 \times 0.1^2}{10}\right)^{1/3} = \left(\frac{0.01}{10}\right)^{1/3} = (0.001)^{1/3} = 0.1$ m 이다. 따라서 한계수심은 0.10 m이다.

선지 판단

① 0.03 m — X. 계산값 0.10 m과 다르다.
② 0.05 m — X. 계산값 0.10 m과 다르다.
③ 0.10 m — O. $(\alpha q^2/g)^{1/3} = 0.1$ m로 정확히 일치한다.
④ 0.15 m — X. 계산값 0.10 m과 다르다.

NoteBase

오답 포인트

문제에 제시된 실제 수심 0.2 m을 한계수심 공식에 그대로 대입하거나 답으로 착각하지 않도록 주의한다. 한계수심은 실제 흐르는 수심과는 별개의 개념으로, 주어진 유량 조건에서 비에너지가 최소가 되는 가상의 기준 수심이다. 또한 지수 계산에서 $0.1^2 = 0.01$을 0.1로 잘못 계산하면 0.15나 다른 오답으로 이어질 수 있으므로 거듭제곱 계산을 정확히 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 단면 수로에서 '한계수심(임계수심)'을 묻는 문제는 실제 수심 값이 함께 제시되더라도 공식 $y_c = (\alpha q^2/g)^{1/3}$에는 단위폭당 유량 q, 보정계수 α, 중력가속도 g만 대입한다. 실제 수심은 흐름이 상류(常流)인지 사류(射流)인지 판별할 때 한계수심과 비교하는 용도로만 쓰인다.

암기 포인트

직사각형 단면의 한계수심 공식 $y_c = (\alpha q^2/g)^{1/3}$을 암기해 둔다. 이때 q는 단위폭당 유량이며, 한계수심에서는 프루드수가 1, 비에너지가 최소가 된다는 점도 함께 정리해 둔다.

NoteBase

문 9. 한 변의 길이가 $2m$인 정사각형 관로에 물이 가득 차서 흐르고 있다. $1km$ 떨어진 지점까지 $40m^3/s$의 물을 송수하고자 할 때 발생하는 손실수두 $[m]$는? (단, 마찰손실계수 $f = 0.02$, 중력가속도는 $g = 10m/s^2$이고, 부차적 손실은 무시한다)

① 20

② 25

③ 40

④ 50

정답 4번

출제 포인트

정사각형 단면 관로에서 마찰손실수두(Darcy-Weisbach 공식)를 계산하는 문제이다. 원형관이 아니므로 지름 대신 수리학적 직경(등가직경)을 구해 대입하는 것이 핵심이다.

조건 정리

정사각형 관로 한 변의 길이 $b = 2\text{m}$, 관 길이 $L = 1\text{km} = 1000\text{m}$, 유량 $Q = 40\text{m}^3/\text{s}$, 마찰손실계수 $f = 0.02$, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$이다. 관은 물로 가득 차서 흐르므로(만관, 압력류) 정사각형 전체 단면이 통수 단면이 된다.

사용할 공식

Darcy-Weisbach 손실수두 공식 $h_L = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$을 사용한다. 원형관이 아닌 단면에서는 지름 D 대신 수리학적(등가) 직경 $D_h = \frac{4A}{P}$를 사용한다. 여기서 A는 통수 단면적, P는 윤변(젖은 둘레)이다.

계산 과정

단면적은 $A = b^2 = 2^2 = 4\text{m}^2$이고, 윤변은 정사각형 네 변이 모두 물에 접하므로 $P = 4b = 8\text{m}$이다. 따라서 수리학적 직경은 $D_h = \frac{4A}{P} = \frac{4 \times 4}{8} = 2\text{m}$ 로, 한 변의 길이와 같다. 평균유속은 $V = \frac{Q}{A} = \frac{40}{4} = 10\text{m/s}$ 이다. 이를 손실수두 공식에 대입하면 $h_L = f\frac{L}{D_h}\frac{V^2}{2g} = 0.02 \times \frac{1000}{2} \times \frac{10^2}{2 \times 10} = 0.02 \times 500 \times 5 = 50\text{m}$ 이다.

선지 판단

① 20 → 계산값과 다르다. 유속을 구하지 않고 유량을 그대로 대입하는 등 계산 과정에서 값을 빠뜨리면 나올 수 있는 오답이다.
② 25 → 계산값과 다르다. V^2 대신 V를 대입하거나 $2g$를 잘못 적용하면 나올 수 있는 오답이다.
③ 40 → 계산값과 다르다. 유량 $40\text{m}^3/\text{s}$라는 숫자와 우연히 같아 혼동하기 쉬우나 실제 손실수두 값은 아니다.
④ 50 → 옳다. 수리학적 직경 $D_h = 2\text{m}$, 유속 $V = 10\text{m/s}$를 Darcy-Weisbach 공식에 대입하면 $h_L = 50\text{m}$로 계산값과 일치한다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제의 함정은 정사각형 관로를 원형관처럼 착각해 지름을 임의로 정하거나, 수리학적 직경 공식 $D_h = 4A/P$를 적용하지 않고 한 변의 길이를 그냥 반지름이나 지름으로 오인하는 것이다. 또한 유량 Q를 유속으로 착각해 그대로 공식에 대입하면 단위와 값이 어긋난 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

원형관이 아닌 정사각형·직사각형 단면이 나오면 먼저 단면적 A와 윤변 P를 구해 수리학적 직경 $D_h = 4A/P$부터 계산한다. 그다음 연속방정식 $V = Q/A$로 유속을 구하고, 마지막으로 Darcy-Weisbach 공식 $h_L = f\frac{L}{D_h}\frac{V^2}{2g}$에 대입하는 순서로 접근한다.

암기 포인트

정사각형 단면의 수리학적 직경은 한 변의 길이와 같다는 것, 즉 $D_h = \frac{4b^2}{4b} = b$임을 기억해 둔다. 원형관의 손실수두 공식 $h_L = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$에서 D 자리에 항상 수리학적 직경을 넣는다는 원칙도 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 10. 축척 1/16인 모형 댐을 이용하여 새로 건설될 댐의 설계홍수량을 결정하였다. 모형의 설계홍수량이 $1.0 m^3/s$일 때 원형의 설계홍수량 $[m^3/s]$은?

① 256

② 512

③ 1,024

④ 2,048

정답 3번

출제 포인트

개수로·댐과 같은 자유표면 흐름 모형에서는 중력의 영향이 지배적이므로 프루드 상사법칙(Froude 상사법칙)을 적용한다. 이 문제는 축척(길이비)이 주어졌을 때 모형과 원형 사이의 유량비를 구하는 계산 문제이다.

조건 정리

길이비 L_r = (L_원형)/(L_모형) = 16이다. 모형의 설계홍수량 Q_모형 = 1.0 m^3/s이며, 원형의 설계홍수량 Q_원형을 구한다.

사용할 공식

프루드 상사법칙에서 속도비는 $V_r = \sqrt{L_r}$이고, 유량은 (단면적)×(유속)이므로 면적비 L_r^2에 속도비 $L_r^{1/2}$를 곱하여 유량비를 얻는다. 즉 $Q_r = L_r^2 \times V_r = L_r^{5/2}$ 이다.

계산 과정

$L_r = 16$이므로 $Q_r = 16^{5/2} = (16^2) \times (16^{1/2}) = 256 \times 4 = 1024$ 이다. 따라서 Q_원형 = Q_r × Q_모형 = 1024 × 1.0 = 1024 m^3/s 이다.

선지 판단

① 256 → X, 이는 면적비 $L_r^2 = 256$만 적용하고 속도비를 반영하지 않은 값이다 → 올바른 값은 여기에 $\sqrt{16} = 4$를 더 곱한 1024이다.
② 512 → X, 면적비 256에 속도비 대신 $\sqrt{L_r}$의 절반 정도를 곱한 것과 같은 중간값으로, 프루드 상사법칙의 지수 5/2를 정확히 적용하지 않은 오답이다.
③ 1,024 → O, 프루드 상사법칙 $Q_r = L_r^{5/2} = 16^{2.5} = 1024$를 정확히 적용한 값이며 Q_원형 = 1024 × 1.0 = 1024 m^3/s로 계산된다.
④ 2,048 → X, 이는 1024의 2배로, 유량비 지수를 5/2가 아닌 3으로 잘못 적용했을 때 나오는 값($16^3 = 4096$과도 다름)에 해당하는 오답이며 지수 산정 실수에서 비롯된 값이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제의 핵심 실수는 유량비 지수를 면적비(2)로만 계산하거나 지수를 잘못 적용하는 것이다. 유량은 면적(길이^2)과 속도(길이^0.5, 프루드 상사)의 곱이므로 지수는 반드시 2 + 0.5 = 2.5가 되어야 한다. 지수를 2로만 쓰면 256(①)이 나오고, 지수를 잘못 키우면 2,048(④)과 같은 값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

개수로·댐·위어처럼 자유표면과 중력파가 지배적인 수리모형 문제는 항상 프루드 상사법칙을 먼저 떠올린다. 길이비 L_r이 주어지면 유량비는 $L_r^{5/2}$, 속도비는 $L_r^{1/2}$, 시간비는 $L_r^{1/2}$임을 기억하고 지수를 정확히 적용해 계산한다.

암기 포인트

프루드 상사(중력 지배, 개수로·댐 모형): 길이비 L_r일 때 속도비 $L_r^{1/2}$, 유량비 $L_r^{5/2}$, 시간비 $L_r^{1/2}$로 정리해 둔다.

NoteBase

문 11. 이상유체를 설명하기 위한 개념과 가장 관련이 있는 것은?

① 등류, 부등류

② Reynolds 수, Froude 수

③ 체적탄성계수, 점성계수

④ 정상류, 부정류

정답 3번

출제 포인트

이상유체(理想流體)는 실제유체의 두 가지 물성인 압축성과 점성을 이상화하여 정의한 개념이다. 즉 이상유체는 비압축성(밀도 불변)이고 비점성(전단저항 없음)인 유체로 가정되므로, 이상유체를 설명하는 개념과 직접 관련된 물리량은 압축성의 정도를 나타내는 체적탄성계수와 점성의 정도를 나타내는 점성계수이다. 이 문제는 이상유체의 정의를 구성하는 물성과 다른 유체역학 분류 기준(흐름의 형태를 나타내는 개념)을 구분할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

이상유체=비압축성+비점성 유체를 가정한 모델이다. 체적탄성계수는 유체가 압력 변화에 대해 부피(밀도)가 얼마나 변하는지를 나타내는 값으로, 값이 무한대이면 완전 비압축성이 된다. 점성계수는 유체 내부 전단응력에 대한 저항 정도를 나타내는 값으로, 값이 0이면 완전 비점성이 된다. 등류/부등류와 정상류/부정류는 흐름이 공간적으로 또는 시간적으로 변하는지를 나타내는 흐름의 분류 기준일 뿐 유체 자체의 물성과는 무관하다. Reynolds 수와 Froude 수는 실제유체 흐름에서 점성력·중력과 관성력의 상대적 크기를 나타내는 무차원수로, 오히려 점성이 존재하는 실제유체의 흐름 특성을 판별하는 데 쓰인다.

선지별 해설

① 등류, 부등류 → X. 이는 흐름 방향으로 유속 등 흐름 특성이 변하는지(공간적 변화 유무)를 구분하는 개념으로, 이상유체의 정의와는 관련이 없다.

② Reynolds 수, Froude 수 → X. Reynolds 수는 점성력 대비 관성력, Froude 수는 중력 대비 관성력의 비를 나타내는 무차원수로 실제유체 흐름의 상태(층류·난류, 상류·사류)를 판별하는 데 쓰이며, 이상유체 자체를 정의하는 개념이 아니다.

③ 체적탄성계수, 점성계수 → O. 체적탄성계수는 비압축성 여부, 점성계수는 비점성 여부를 나타내는 물성값으로, 이상유체(비압축성·비점성 유체)를 정의하는 핵심 개념이다.

④ 정상류, 부정류 → X. 이는 시간에 따라 흐름 특성이 변하는지(시간적 변화 유무)를 구분하는 개념으로, 이상유체의 정의와는 관련이 없다.

NoteBase

오답 포인트

등류·부등류, 정상류·부정류는 흐름의 시공간적 변화 여부를 나타내는 분류일 뿐 유체의 성질(압축성·점성)과는 별개의 개념이라는 점을 혼동하지 않아야 한다. 또한 Reynolds 수와 Froude 수는 점성이나 중력이 실제로 작용하는 흐름에서 상대적 힘의 비율을 따지는 무차원수이므로, 오히려 이상유체가 아닌 실제유체 흐름의 특성을 다루는 개념이라는 점에 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

문제에서 이상유체의 '정의'와 관련된 물성을 묻는지, 아니면 흐름의 분류(등류·부등류, 정상류·부정류)나 흐름의 판별 지표(Reynolds 수, Froude 수)를 묻는지 먼저 구분한다. 이상유체는 압축성과 점성을 이상화한 모델이므로, 이 두 물성과 직접 짝지어지는 체적탄성계수·점성계수를 찾는다.

암기 포인트

이상유체=비압축성(체적탄성계수 무한대)+비점성(점성계수 0)으로 기억한다.
등류·부등류/정상류·부정류=흐름의 시공간적 분류, Reynolds 수·Froude 수=실제유체 흐름의 무차원 판별지표로 구분해 기억한다.

NoteBase

문 12. 개수로 흐름에서 비에너지와 한계수심에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 비에너지는 단위무게의 물이 가진 흐름의 에너지를 말하며 길이 차원을 갖는다.

② 임의의 비에너지에 대하여 한계수심 또는 대응수심이 존재한다.

③ 유량이 일정할 때 비에너지가 최소인 수심이 한계수심이다.

④ 사류에서 상류로 흐를 때 지배단면이 생기는 수심이 공액수심이다.

정답 4번

출제 포인트

개수로(open channel) 흐름에서 비에너지(specific energy)와 한계수심(critical depth), 대응수심(alternate depth), 공액수심(conjugate depth, 공액수심은 도수 전후의 수심을 말한다)의 개념을 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다. 특히 지배단면(control section)이 어떤 조건에서 생기고 그 수심이 무엇으로 불리는지가 핵심이다.

핵심 개념

비에너지는 수로 바닥을 기준으로 한 단위무게 물의 에너지로 $E = h + \frac{V^2}{2g}$로 정의되며, 길이 차원을 갖는다.
유량 Q가 일정할 때 수심 h에 따라 E는 변하는데, E가 최소가 되는 수심이 한계수심(h_c)이다.
한계수심보다 큰 수심(상류, 사류보다 느리고 깊은 흐름)과 한계수심보다 작은 수심(사류, 빠르고 얕은 흐름) 중 같은 비에너지 값을 갖는 한 쌍의 수심을 대응수심(alternate depth)이라 한다. 즉 $E > E_{min}$인 경우 상류측과 사류측에 각각 하나씩, 총 두 개의 대응수심이 존재하고, $E = E_{min}$인 경우에는 그 한 점, 즉 한계수심만 존재한다.
지배단면(control section)은 수심과 유량의 관계가 상하류 조건과 무관하게 고정되는 단면으로, 흐름이 상류에서 사류로 바뀔 때(예: 위어, 단락, 수문 등에서 흐름이 가속되는 구간) 한계수심이 나타나는 곳에 생긴다.
공액수심(sequent depth, conjugate depth)은 이와 다른 개념으로, 사류가 상류로 급변하는 도수(hydraulic jump) 전후의 두 수심을 말하며, 비에너지가 아니라 운동량 방정식(비력, specific force)이 같다는 조건으로 정해진다.

NoteBase

선지별 해설

① 비에너지는 단위무게의 물이 가진 흐름의 에너지를 말하며 길이 차원을 갖는다 → O. 비에너지 $E = h + V^2/2g$는 수심과 속도수두의 합으로, 두 항 모두 길이 차원을 가지므로 비에너지도 길이 차원(단위: m)을 갖는다.
② 임의의 비에너지에 대하여 한계수심 또는 대응수심이 존재한다 → O. 유량이 일정할 때 주어진 비에너지 값에 대해 최소 비에너지 상태이면 한계수심 하나가, 최소값보다 큰 상태이면 상류·사류 측 두 개의 대응수심이 존재하므로 옳은 설명이다.
③ 유량이 일정할 때 비에너지가 최소인 수심이 한계수심이다 → O. 이것이 한계수심의 정의 그 자체이다.
④ 사류에서 상류로 흐를 때 지배단면이 생기는 수심이 공액수심이다 → X. 지배단면은 흐름이 상류에서 사류로 바뀌는 구간(예: 위어마루, 단락, 수문 하류부)에서 한계수심이 나타나는 단면을 말하며, 그 수심은 공액수심이 아니라 한계수심이라고 부른다. 반대로 사류에서 상류로 흐름이 바뀔 때는 도수가 발생하고, 이때 도수 전후의 두 수심을 공액수심(사류측)과 공액수심(상류측)이라 부르는데, 이는 지배단면과는 별개의 현상이다. 즉 방향(사류→상류)과 명칭(공액수심) 모두 지배단면의 정의와 맞지 않아 틀린 설명이다.

오답 포인트

지배단면(한계수심이 나타나는 곳)과 도수(공액수심이 나타나는 곳)를 혼동하기 쉽다. 지배단면은 상류에서 사류로 흐름이 가속되며 넘어가는 지점에서 생기고 그 수심은 한계수심이며, 공액수심은 반대로 사류에서 상류로 흐름이 급변(도수)할 때 운동량 보존으로 정해지는 두 수심을 가리킨다. 대응수심(비에너지가 같은 상류·사류 한 쌍)과 공액수심(비력이 같은 도수 전후 한 쌍)도 서로 다른 조건으로 정의되는 개념이므로 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에서 '지배단면'이라는 단어가 나오면 그 수심은 한계수심이어야 하고, 흐름 방향은 상류에서 사류로 바뀌는 경우여야 함을 먼저 확인한다. '공액수심' 또는 '도수'라는 단어가 나오면 흐름 방향은 사류에서 상류로 바뀌는 경우여야 하고, 그 수심이 비에너지가 아니라 운동량(비력) 조건으로 정해진다는 점을 확인한다. 두 조건 중 하나라도 어긋나면 틀린 선지이다.

암기 포인트

상류→사류 전환 + 지배단면 = 한계수심. 사류→상류 전환(도수) = 공액수심. 비에너지 동일 한 쌍(상류·사류) = 대응수심. 유량 일정 시 비에너지 최소가 되는 수심 = 한계수심.

NoteBase

문 13. 물의 단위중량 w, 수면경사 I, 동수반경 R이라 할 때, 등류에서 유수의 소류력 τ를 구하는 식으로 옳은 것은?

① $\frac{RI}{w}$
② $\frac{Rw}{I}$
③ wRI
④ $\frac{I}{wR}$

정답 3번

출제 포인트

등류(等流) 상태의 개수로 흐름에서 유수가 하상(바닥)에 작용시키는 소류력(掃流力, 전단력) τ를 물의 단위중량 w, 동수반경 R, 수면경사 I로 나타내는 공식을 정확히 아는지 묻는다.

조건 정리

등류 상태이므로 수면경사와 에너지경사, 하상경사가 모두 같다(I로 통일). 단면의 흐름 특성은 동수반경 R로 대표한다. 물의 단위중량은 w이다.

사용할 공식

등류 개수로 흐름에서 하상에 작용하는 평균 소류력(전단응력)은 다음과 같다.
$\tau = wRI$
이는 등류 조건에서 단위 길이당 흐름에 작용하는 중력 성분(무게 × 경사)과 하상 마찰저항이 평형을 이룬다는 힘의 평형식에서 유도된다. 개수로 단면적을 A, 윤변을 P, 길이를 L이라 하면 물 무게의 흐름방향 성분은 $wAL\sin\theta \approx wALI$이고, 이것이 하상 전체(둘레 P, 길이 L)에 작용하는 전단력 τPL과 같아지므로
$\tau PL = wALI \quad \Rightarrow \quad \tau = w\frac{A}{P}I = wRI$
($R = A/P$는 동수반경의 정의이다.)

계산 과정

힘의 평형식 $\tau PL = wALI$에서 양변을 PL로 나누면 $\tau = w \cdot \frac{A}{P} \cdot I$가 되고, 동수반경의 정의 $R = \frac{A}{P}$를 대입하면 $\tau = wRI$로 정리된다. 즉 소류력은 단위중량, 동수반경, 수면경사 세 값의 단순곱이다.

선지 판단

① $\frac{RI}{w}$ — X. 단위중량 w가 분모에 들어가 있어 곱셈 관계를 나눗셈으로 잘못 나타낸 식이다.
② $\frac{Rw}{I}$ — X. 수면경사 I가 분모에 들어가 있어 역시 곱셈 관계를 나눗셈으로 잘못 나타낸 식이다.
③ wRI — O. 힘의 평형에서 유도되는 소류력 공식 $\tau = wRI$와 정확히 일치한다.
④ $\frac{I}{wR}$ — X. w와 R이 모두 분모에 들어가 있어 곱셈 관계를 잘못 나타낸 식이다.

NoteBase

오답 포인트

소류력 공식은 세 물리량의 단순곱(wRI)인데, 문제 풀이 중 조급하게 다른 수리학 공식(예: 유속공식이나 마찰경사식)의 형태와 혼동해 특정 변수를 분모로 내려버리는 실수가 잦다. 곱인지 나눗셈인지는 반드시 힘의 평형식($\tau PL = wALI$)에서 직접 정리해 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

"소류력", "소류력 공식", "등류에서의 마찰력"이라는 표현이 나오면 곧바로 $\tau = wRI$를 떠올린다.
원형관에서는 동수반경 대신 관지름을 이용한 $\tau = w\frac{D}{4}I$ 형태로 변형되어 나올 수도 있으므로, 동수반경의 정의 $R = A/P$까지 함께 기억해 둔다.

암기 포인트

소류력 $\tau = wRI$ — 단위중량 × 동수반경 × 수면경사, 세 값의 단순곱으로 외워 둔다.

NoteBase

문 14. 폭이 $b = 4m$인 직사각형 수로에 $10m^3/s$의 물이 흐를 때, 수심이 $y = 2.5m$인 경우 수로의 유속 $[m/s]$과 흐름 특성은? (단, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다)

① 유속 1.0, 상류

② 유속 1.0, 사류

③ 유속 2.5, 상류

④ 유속 2.5, 사류

정답 1번

출제 포인트

직사각형 단면 수로에서 유량·폭·수심으로부터 평균유속을 구하고, 이 유속을 프루드수(Froude number)로 환산해 흐름이 상류(常流, 아임계류)인지 사류(射流, 초임계류)인지 판정하는 문제이다. 유속 계산과 흐름 판정을 모두 정확히 해야 정답에 도달한다.

조건 정리

유량 $Q = 10\ \mathrm{m^3/s}$, 수로 폭 $b = 4\ \mathrm{m}$, 수심 $y = 2.5\ \mathrm{m}$, 중력가속도 $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$인 직사각형 수로이다. 직사각형 단면이므로 통수단면적은 $A = by$로 구해진다.

사용할 공식

연속방정식 $V = \frac{Q}{A}$로 평균유속을 구한다. 직사각형 단면의 프루드수는 $F_r = \frac{V}{\sqrt{gy}}$이며, $F_r < 1$이면 상류(常流), $F_r = 1$이면 한계류, $F_r > 1$이면 사류(射流)이다.

계산 과정

통수단면적은 $A = by = 4 \times 2.5 = 10\ \mathrm{m^2}$이다. 평균유속은 $V = \frac{Q}{A} = \frac{10}{10} = 1.0\ \mathrm{m/s}$이다. 프루드수는 $F_r = \frac{V}{\sqrt{gy}} = \frac{1.0}{\sqrt{10 \times 2.5}} = \frac{1.0}{\sqrt{25}} = \frac{1.0}{5} = 0.2$이다. $F_r = 0.2 < 1$이므로 이 흐름은 상류(常流, 아임계류)에 해당한다.

선지 판단

① 유속 1.0, 상류: 계산 결과와 정확히 일치한다(유속 1.0 m/s, $F_r = 0.2 < 1$로 상류). 옳다.

② 유속 1.0, 사류: 유속 값은 맞지만 프루드수가 1보다 작으므로 상류이지 사류가 아니다. 흐름 특성 판정이 틀렸다 → 상류로 정정한다.

③ 유속 2.5, 상류: 유속을 $Q/b = 10/4 = 2.5$로 잘못 계산한 값이다(수심 y를 나누지 않은 값). 통수단면적 $A = by$로 나누어야 하므로 유속은 1.0 m/s이다 → 유속 1.0으로 정정한다.

④ 유속 2.5, 사류: 유속 계산이 ③과 같은 오류이며, 흐름 특성도 사류가 아닌 상류이다 → 유속 1.0, 상류로 정정한다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 유량을 폭으로만 나누어(Q/b) 유속을 구하는 것인데, 이는 단위 폭당 유량이지 실제 평균유속이 아니다. 평균유속은 반드시 전체 통수단면적 $A = by$로 나누어야 한다. 또한 프루드수가 1보다 작으면 상류, 크면 사류라는 부등호 방향을 반대로 외워 혼동하지 않도록 유의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 수로 문제가 나오면 먼저 통수단면적 $A = by$를 구하고 $V = Q/A$로 유속을 계산한다. 이어서 $F_r = V/\sqrt{gy}$를 구해 1과 비교하여 상류·사류를 판정한다. 계산 순서를 유속 → 프루드수 순으로 고정해 두면 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

직사각형 단면: $A = by$, $V = Q/A$, $F_r = V/\sqrt{gy}$. $F_r < 1$은 상류(常流, 아임계류), $F_r = 1$은 한계류, $F_r > 1$은 사류(射流, 초임계류)이다.

NoteBase

문 15. 밀도 ρ, 점성계수 μ인 정지하고 있는 유체 속을 반경 r인 구(球) 형태의 토사입자가 매우 느린 속도 U로 움직이고 있다. 해당 입자가 받는 항력 $D = 6\pi\mu rU$라는 Stokes 항력식을 이용하면 항력계수 $C_D = c/\mathrm{Re}$ (Re : Reynolds 수)일 때, c의 값은?

① 12

② 24

③ 48

④ 64

정답 2번

출제 포인트

Stokes의 항력식(층류·미끄러짐이 매우 느린 침강 조건에서 성립하는 구의 항력)을 항력계수의 일반식 $C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho U^2 A}$에 대입해 레이놀즈수만의 함수 $C_D = c/Re$ 형태로 정리했을 때 계수 c를 구하는 문제이다. 구의 투영면적과 레이놀즈수 정의(지름 기준)를 정확히 적용하는 것이 핵심이다.

조건 정리

밀도 ρ, 점성계수 μ, 반경 r인 구형 입자가 느린 속도 U로 움직이며, Stokes 항력은 $D = 6\pi\mu rU$로 주어진다. 구의 유동 방향 투영면적은 반경 r인 원의 면적이므로 $A = \pi r^2$이고, 레이놀즈수는 지름 $d = 2r$을 대표길이로 하여 $Re = \frac{\rho U(2r)}{\mu}$로 정의된다.

사용할 공식

항력계수의 정의 $C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho U^2 A}$와 Stokes 항력식 $D = 6\pi\mu rU$, 구의 투영면적 $A = \pi r^2$, 레이놀즈수 $Re = \frac{\rho U(2r)}{\mu}$를 함께 사용한다.

계산 과정

항력계수에 Stokes 항력식과 투영면적을 대입하면 다음과 같다.
$C_D = \frac{6\pi\mu rU}{\frac{1}{2}\rho U^2 \pi r^2} = \frac{12\mu}{\rho U r}$
한편 레이놀즈수 정의 $Re = \frac{2\rho U r}{\mu}$에서 $\frac{\mu}{\rho U r} = \frac{2}{Re}$이므로,
$C_D = 12 \times \frac{2}{Re} = \frac{24}{Re}$
따라서 $C_D = c/Re$와 비교하면 $c = 24$이다.

NoteBase

선지 판단

① 12 → 틀린 표현. 레이놀즈수를 반경 기준($Re = \rho Ur/\mu$)으로 잘못 정의했을 때 나오는 값이며, 관용적인 지름 기준 정의를 쓰면 24가 되므로 오답이다.
② 24 → 옳은 표현. 위 계산 과정과 같이 지름 기준 레이놀즈수를 적용하면 $C_D = 24/Re$가 되어 c=24이다.
③ 48 → 틀린 표현. 투영면적을 πr^2 대신 구 표면적 $4\pi r^2$ 등으로 잘못 대입하거나 계수 계산 과정에서 2배를 중복 적용한 경우 나올 수 있는 값으로, Stokes 항력식과 표준 정의에서는 도출되지 않는다.
④ 64 → 틀린 표현. 항력식의 계수 6을 다른 상수와 혼동하거나 계산 과정에서 배수를 잘못 곱했을 때 나올 수 있는 값으로, 올바른 유도 과정과 맞지 않는다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 레이놀즈수를 정의할 때 대표길이를 반경 r로 쓰느냐 지름 $2r$로 쓰느냐이다. 구를 지나는 유동에서 표준적으로 사용하는 레이놀즈수는 지름 기준이므로, 이를 놓치고 반경 기준으로 계산하면 c=12로 잘못 도출된다. 또한 투영면적을 원면적 πr^2이 아닌 다른 값으로 착각하면 48, 64와 같은 값이 나올 수 있으므로 면적과 레이놀즈수 정의 두 가지를 모두 정확히 짚어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

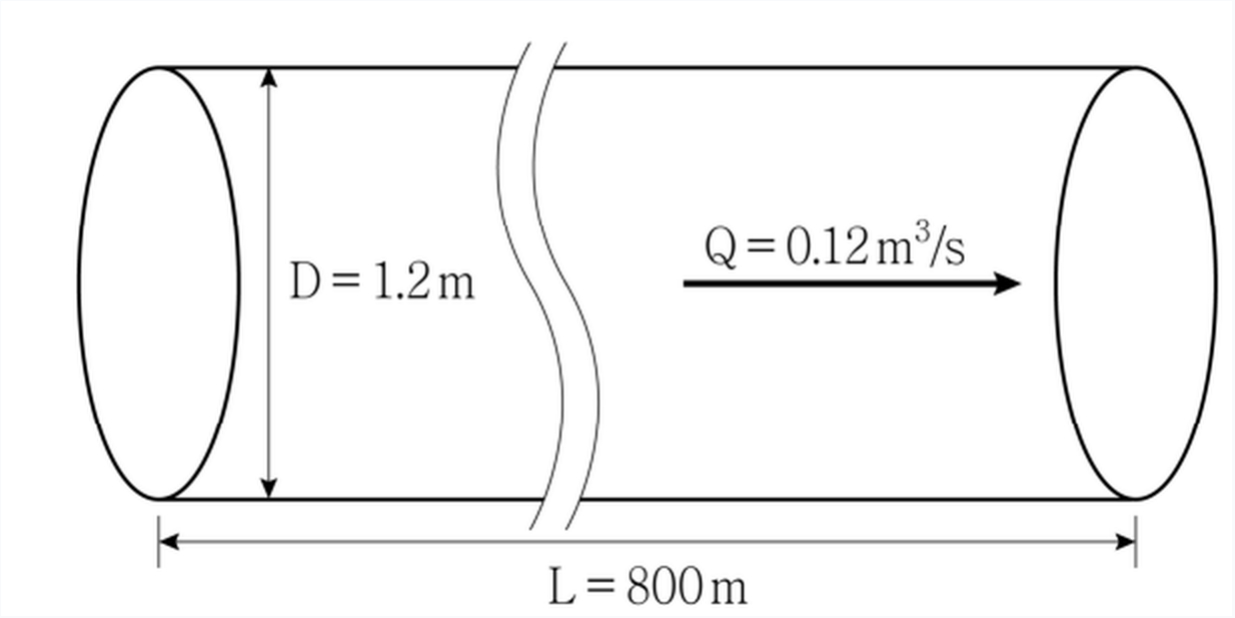
Stokes 항력식이 주어지고 항력계수를 레이놀즈수의 함수로 표현하라는 문제가 나오면, 먼저 $C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho U^2 A}$에 항력식과 구의 투영면적 πr^2을 대입해 $\mu/(\rho Ur)$ 형태로 정리한 뒤, 문제에서 별도 정의가 없다면 지름 기준 레이놀즈수 $Re = \rho Ud/\mu$로 치환해 최종 c값을 구한다.

암기 포인트

Stokes 영역(층류 침강)에서 구의 항력계수는 $C_D = 24/Re$라는 결과 자체를 공식처럼 외워 둔다. 이는 토사 입자의 침강속도(스토크스 법칙) 문제에서도 반복적으로 쓰이는 핵심 관계식이다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 비중이 0.9이고 점성계수 $\mu = 0.016\text{kg}_\text{f} \cdot \text{s/m}^2$인 유체가 직경 1.2 m인 원형관에 유량 $Q = 0.12\text{m}^3/\text{s}$로 가득 차서 흐른다. 이 관로의 길이가 800 m일 경우에 마찰손실계수는? (단, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$이다)



① 약 0.042

② 약 0.089

③ 약 0.018

④ 약 0.012

정답 2번

출제 포인트

원형관 속을 가득 채워 흐르는 유체의 평균유속과 레이놀즈수를 구한 뒤, 흐름이 층류인지 난류인지 먼저 판정하고 그에 맞는 마찰손실계수(다르시-바이스바하 계수 f) 공식을 적용할 수 있는지를 묻는다. 특히 점성계수가 공학단위(중력단위) $\text{kgf} \cdot \text{s/m}^2$로 주어졌을 때 이를 동점성계수 ν로 바르게 환산하는 절차가 핵심이다.

조건 정리

관 직경 $D = 1.2\text{m}$, 유량 $Q = 0.12\text{m}^3/\text{s}$, 유체 비중 $S = 0.9$, 점성계수 $\mu = 0.016\text{kgf} \cdot \text{s/m}^2$, 관로 길이 $L = 800\text{m}$, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$이다. 물의 단위중량을 $\gamma_w = 1{,}000\text{kgf/m}^3$로 두면 유체의 단위중량은 $\gamma = S\gamma_w = 900\text{kgf/m}^3$이다.

NoteBase

사용할 공식

단면적 $A=\frac{\pi D^2}{4}$, 평균유속 $V=\frac{Q}{A}$. 공학단위 점성계수를 동점성계수로 환산할 때는 $\nu=\frac{\mu g}{\gamma}$를 사용한다. 레이놀즈수는 $Re=\frac{VD}{\nu}$이며, $Re<2{,}000$인 층류에서는 마찰손실계수 $f=\frac{64}{Re}$로 구한다.

계산 과정

단면적: $A=\frac{\pi(1.2)^2}{4}\approx 1.131\text{m}^2$
평균유속: $V=\frac{0.12}{1.131}\approx 0.106\text{m/s}$
동점성계수 환산: $\nu=\frac{\mu g}{\gamma}=\frac{0.016\times 10}{900}\approx 1.78\times 10^{-4}\text{m}^2/\text{s}$
레이놀즈수: $Re=\frac{VD}{\nu}=\frac{0.106\times 1.2}{1.78\times 10^{-4}}\approx 716$
$Re\approx 716<2{,}000$이므로 층류이고, 마찰손실계수는 $f=\frac{64}{Re}=\frac{64}{716}\approx 0.089$이다. 관로 길이 $L=800\text{m}$는 마찰손실계수 자체를 구하는 데는 사용되지 않고, 이후 마찰손실수두를 구할 때 쓰이는 값이다.

선지 판단

① 약 0.042: 점성계수를 동점성계수로 환산하는 과정에서 단위중량 대신 다른 값을 대입해 레이놀즈수를 실제보다 크게 계산하면 이보다 작은 f값이 나온다. 위 계산에서 얻은 $Re\approx 716$과 $f=64/Re$ 관계에 맞지 않으므로 오답이다.
② 약 0.089: 유속과 동점성계수를 정확히 구해 $Re\approx 716$의 층류로 판정하고 $f=64/Re$를 적용한 값과 일치하므로 정답이다.
③ 약 0.018: 비중을 반영해 단위중량을 환산하지 않고 물의 단위중량 $1{,}000\text{kgf/m}^3$을 그대로 쓰거나, 중력가속도 환산을 생략하는 등의 계산 오차에서 나올 수 있는 값으로 실제 Re와 맞지 않아 오답이다.
④ 약 0.012: 흐름을 층류가 아닌 난류로 잘못 판정해 매끈한 관의 난류 마찰손실계수 공식(예: 블라시우스 공식)을 적용하면 나올 수 있는 값으로, 이 문제의 레이놀즈수 조건(층류)과 맞지 않아 오답이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 점성계수가 SI 단위($\text{Pa}\cdot\text{s}$)가 아니라 공학단위($\text{kgf}\cdot\text{s/m}^2$)로 주어졌다는 점이다. 이를 그대로 동점성계수로 쓰면 레이놀즈수가 실제보다 훨씬 크게 나와 층류를 난류로 오판하게 되고, 결과적으로 전혀 다른 마찰손실계수 공식(난류용 공식)을 적용하는 오류로 이어진다. 또한 비중을 곱해 유체의 단위중량을 구하는 단계를 빠뜨리면 동점성계수 값 자체가 달라져 레이놀즈수와 마찰손실계수가 함께 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

점성계수 단위가 $\text{kgf}\cdot\text{s/m}^2$로 주어지면 반드시 $\nu=\mu g/\gamma$ 공식으로 동점성계수를 먼저 구한다. 이때 γ는 비중을 곱한 해당 유체의 단위중량이어야 하며 물의 단위중량을 그대로 쓰지 않도록 주의한다. 레이놀즈수를 구한 뒤 2,000을 기준으로 층류·난류를 판정하고, 층류이면 $f=64/Re$ 공식 하나만 적용하면 되므로 마찰계수선도나 콜브룩 공식 같은 난류 공식으로 넘어가지 않는다.

NoteBase

암기 포인트

공학단위 점성계수 환산: $\nu = \mu g/\gamma$. 층류 판정 기준: $Re < 2{,}000$. 층류 마찰손실계수: $f = 64/Re$.

NoteBase

문 17. 다음과 같은 3시간 단위도를 정수배 방법을 이용하여 9시간 단위도로 유도하였을 때, 유도된 단위도의 최댓값[m^3/s]은?

시간(hr)	3시간 단위도(m^3/s)
0	0
1	4
2	8
3	12
4	16
5	12
6	8
7	4
8	0

① 8.0

② 12.0

③ 13.3

④ 14.7

정답 1번

출제 포인트

지속시간이 짧은 단위도로부터 지속시간이 그 정수배인 단위도를 유도하는 정수배(중첩) 방법을 이해하는지 확인하는 문제이다. 9시간은 3시간의 3배이므로, 3시간 단위도 3개를 3시간 간격으로 시차를 두고 겹쳐 합산한 뒤 그 종거를 3으로 나누면 9시간 단위도가 얻어진다.

조건 정리

원래 단위도는 지속시간 3시간짜리이며, 종거는 시간 0,1,2,3,4,5,6,7,8시간에서 각각 0, 4, 8, 12, 16, 12, 8, 4, 0 m^3/s이다. 목표는 지속시간 9시간짜리 단위도이며, $9 = 3 \times 3$이므로 배수 $n = 3$이다.

NoteBase

사용할 공식

지속시간 t_r인 단위도를 n배인 지속시간 nt_r의 단위도로 바꿀 때는, 원 단위도를 t_r시간씩 시차를 두고 n개 중첩하여 합산 유량 $\sum q$를 구한 다음, 다음 식으로 새 단위도 종거 Q를 계산한다.
$Q = \frac{t_r}{nt_r}\sum q = \frac{1}{n}\sum q$
여기서는 $n = 3$이므로 세 개의 3시간 단위도를 0시간, 3시간, 6시간 지연시켜 더한 값을 3으로 나누면 된다.

계산 과정

원 단위도 종거를 시차 0, 3, 6시간만큼 이동시켜 각 시간별로 더하면 다음과 같다.
t=0: 0
t=1: 4
t=2: 8
t=3: 12+0=12
t=4: 16+4=20
t=5: 12+8=20
t=6: 8+12+0=20
t=7: 4+16+4=24 (최대)
t=8: 0+12+8=20
t=9: 8+12=20
t=10: 4+16=20
t=11: 0+12=12
t=12: 8
t=13: 4
t=14: 0
합산값 중 최댓값은 t=7시간에서의 24 m^3/s이다. 이를 배수 $n = 3$으로 나누면 9시간 단위도의 최댓값은 $24/3 = 8.0$ m^3/s이다.

선지 판단

① 8.0 — O. 세 개의 3시간 단위도를 0, 3, 6시간 시차로 중첩한 합산 종거의 최댓값 24 m^3/s를 배수 3으로 나눈 값과 일치한다.
② 12.0 — X. 원 단위도의 최댓값 16과 다음 종거 12를 단순히 더해 3으로 나누는 등 잘못된 구간을 사용했을 때 나오는 값으로, 정확한 중첩 합산 결과가 아니다.
③ 13.3 — X. 합산 종거를 3이 아닌 다른 수(예: 40/3 형태)로 잘못 나누었을 때 나오는 값으로, 정확한 배수 계산이 아니다.
④ 14.7 — X. 원 단위도의 최댓값 16을 임의로 축소하거나 시차를 잘못 적용했을 때 나올 수 있는 값으로, 올바른 중첩 결과가 아니다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 원 단위도의 최댓값 16 m^3/s를 그대로 9시간 단위도의 최댓값으로 착각하거나, 단순 비례식으로 16 × (3/9)처럼 원래 최댓값 하나에만 배수를 곱하는 것이다. 정수배 방법은 반드시 시차를 둔 세 단위도를 시간대별로 모두 합산한 뒤 그 중에서 최댓값을 찾아야 하며, 합산 최댓값이 나타나는 시각은 원 단위도의 첨두 시각과 다를 수 있다(이 문제에서는 t=4가 아니라 t=7에서 최댓값이 나온다).

다시 나오면 이렇게 판단

지속시간이 정수배로 바뀌는 단위도 문제를 보면 먼저 배수 n을 구하고, 원 단위도를 t_r시간 간격으로 n개 나란히 적어 시간대별로 합산표를 만든다. 합산표에서 가장 큰 값을 찾은 다음 그 값을 n으로 나누면 새 단위도의 최댓값이 된다. 표를 그리지 않고 원 단위도의 최댓값만 보고 답을 고르지 않도록 주의한다.

암기 포인트

정수배 방법: 새 단위도 종거 = (원 단위도를 t_r시간씩 시차 두고 n개 중첩한 합산 종거) ÷ n. 합산은 반드시 전체 시간대에 걸쳐 수행하고, 그중 최댓값을 취한 뒤 n으로 나눈다.

NoteBase

문 18. 유입 유사량의 50%가 퇴적되는 저수지에 25년간 퇴적된 토사량이 $1.5 \times 10^6 m^3$이다. 저수지 퇴적토의 평균 단위중량은 $2ton/m^3$일 때, 저수지 상류 유역의 연간 비유사량 $[ton/km^2/year]$은? (단, 상류유역 면적은 $600km^2$이다)

① 100

② 200

③ 400

④ 600

정답 3번

출제 포인트

저수지 퇴적량으로부터 유역의 연간 비유사량(단위 면적당 침식·유출되는 토사 중량)을 구하는 문제이다. 트랩 효율(퇴적률)과 퇴적 기간, 단위중량, 유역면적을 순서대로 연결해 단위를 맞추는 것이 핵심이다.

조건 정리

25년간 저수지에 퇴적된 토사량 $V = 1.5 \times 10^6 m^3$, 퇴적토 평균 단위중량 $\gamma = 2ton/m^3$, 트랩 효율(유입 유사량 중 퇴적되는 비율) $TE = 50\% = 0.5$, 상류 유역면적 $A = 600km^2$이다. 구하는 값은 연간 비유사량(단위 면적당 연간 유사량, $ton/km^2/year$)이다.

사용할 공식

퇴적 총중량 W_퇴적=V×γ, 연평균 퇴적중량 W_연퇴적=W_퇴적25, 연간 유입 유사량 Y=W_연퇴적TE, 비유사량 $S_y = \frac{Y}{A}$.

계산 과정

퇴적된 토사의 총중량은 W_퇴적=1.5×10^6 m^3×2 ton/m^3=3×10^6 ton이다.
이것이 25년간 쌓인 양이므로 연평균 퇴적중량은 W_연퇴적=(3×10^6)/(25)=1.2×10^5 ton/year이다.
퇴적된 양은 유입 유사량의 50%이므로, 연간 유입 유사량(비유사량의 분자)은
$Y = \frac{1.2 \times 10^5}{0.5} = 2.4 \times 10^5 ton/year$이다.
따라서 연간 비유사량은 $S_y = \frac{2.4 \times 10^5}{600} = 400 ton/km^2/year$이다.

NoteBase

선지 판단

① 100 — X: 트랩 효율로 나누는 과정을 빠뜨리거나 잘못 적용했을 때 나오는 값으로, 조건을 다 반영하면 나올 수 없다.
② 200 — X: 트랩 효율(50%)을 곱해야 할 자리에서 반대로 적용하거나 25년을 반영하지 않았을 때 나오는 값이다.
③ 400 — O: 퇴적 총중량을 25년으로 나누고, 트랩 효율 50%로 나누어 실제 유입량을 복원한 뒤 유역면적으로 나눈 값과 일치한다.
④ 600 — X: 유역면적 600km^2 값을 그대로 답으로 착각하거나 연도 및 효율 반영을 누락했을 때 나오는 값이다.

오답 포인트

이 문제에서 가장 흔한 실수는 저수지에 실제로 쌓인 퇴적량과 유역에서 실제로 침식되어 유입된 유사량을 혼동하는 것이다. 저수지에 쌓인 것은 유입 유사량의 50%뿐이므로, 비유사량(유역에서 발생한 전체 유사량 기준)을 구하려면 반드시 트랩 효율로 나누어 유입량을 복원해야 한다. 또한 퇴적량이 25년 누적치라는 점을 놓치고 연평균으로 환산하지 않으면 값이 25배 커진다.

다시 나오면 이렇게 판단

저수지 퇴적 자료로 비유사량을 구하는 문제는 항상 (1) 퇴적 부피에 단위중량을 곱해 중량으로 바꾸고, (2) 누적 기간으로 나누어 연평균으로 만들고, (3) 트랩 효율로 나누어 유역에서 발생한 총 유사량으로 복원하고, (4) 마지막에 유역면적으로 나누는 네 단계 순서를 그대로 따라가면 실수 없이 풀 수 있다.

암기 포인트

비유사량 $S_y = \frac{V\gamma/n}{\text{TE} \times A}$ (여기서 n은 퇴적 기간, TE는 트랩 효율, A는 유역면적)의 형태로 통째로 외워 두면 계산 순서를 헷갈리지 않는다.

NoteBase

문 19. 물이 가득 차서 흐르고 있는 어떤 원형관수로에서 흐름의 유속을 측정하였더니 유속이 1.0m/s, Reynolds 수가 500일 때, 관 벽에 작용하는 전단응력[N/m^2]은? (단, 물의 밀도는 1g$_0$/cm^3, 물의 단위중량은 10kN/m^{3}이다)

① 4

② 16

③ 32

④ 64

정답 2번

출제 포인트

원형관 층류 흐름에서 Reynolds 수와 마찰계수(Darcy-Weisbach 마찰계수)의 관계를 이용해 관 벽면 전단응력을 구하는 문제이다. Reynolds 수가 500으로 임계 Reynolds 수(약 2,000~2,300)보다 작으므로 흐름은 층류이며, 층류에서는 마찰계수가 $f = 64/Re$로 Reynolds 수만의 함수로 정해진다는 점이 계산의 핵심이다.

조건 정리

유속 $V = 1.0$ m/s, Reynolds 수 $Re = 500$(층류), 물의 밀도 $\rho = 1{,}000$ kg/m^3(1 g/cm^3), 물의 단위중량 $\gamma_w = 10$ kN/m^{3}이 주어져 있다. 구하는 값은 관 벽에 작용하는 전단응력 τ_0이다.

사용할 공식

관 벽면 전단응력은 마찰계수 f와 동압을 이용해 $\tau_0 = \frac{f}{8}\rho V^2$로 구한다. 층류(원형관, $Re < 2{,}000$ 정도)에서는 마찰계수가 $f = \frac{64}{Re}$로 주어지므로, 두 식을 결합하면 $\tau_0 = \frac{64}{8Re}\rho V^2 = \frac{8\rho V^2}{Re}$가 된다.

계산 과정

먼저 마찰계수를 구하면 $f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{500} = 0.128$이다. 이를 전단응력 식에 대입하면 $\tau_0 = \frac{f}{8}\rho V^2 = \frac{0.128}{8} \times 1{,}000 \times 1.0^2 = 0.016 \times 1{,}000 = 16$ N/m^{2}이 된다. 즉 관 벽에 작용하는 전단응력은 16 N/m^{2}이다.

NoteBase

선지 판단

① 4 — X. 마찰계수를 반으로 잘못 적용하거나 유속의 제곱을 빠뜨리는 등 계산 과정에서 값이 축소된 경우에 나오는 오답이다.
② 16 — O. $\tau_0 = \frac{f}{8}\rho V^2 = \frac{64/500}{8} \times 1{,}000 \times 1^2 = 16$ N/m^{2}로 계산 결과와 정확히 일치한다.
③ 32 — X. 식에서 8로 나누는 과정을 4로 나누는 것으로 잘못 적용하면 정답의 2배인 이 값이 나온다.
④ 64 — X. 마찰계수 $f = 64/Re = 0.128$ 자체를 전단응력과 혼동하거나, 8로 나누는 과정을 누락하면 $\rho V^2/Re \times 64$ 형태로 계산되어 이 값이 나올 수 있다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 두 가지이다. 첫째, Reynolds 수 500을 보고 층류임을 인식하지 못하면 난류 마찰계수식(Moody 도표 등)을 찾으려다 풀이가 막힌다. 둘째, $\tau_0 = f\rho V^2/8$에서 분모 8을 빠뜨리거나 2로 잘못 쓰는 계산 실수가 흔하다. 물의 단위중량 10 kN/m^3은 밀도를 확인시켜 주는 보조 조건일 뿐 직접 전단응력 계산에는 쓰이지 않는다는 점도 유의해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

Reynolds 수가 주어지면 먼저 층류(대략 2,000 미만)인지 난류인지부터 구분한다. 층류이면 마찰계수는 $f = 64/Re$로 바로 구해지므로 별도의 도표나 경험식이 필요 없다. 이후 전단응력은 $\tau_0 = f\rho V^2/8$ 공식에 유속과 밀도를 그대로 대입하면 된다.

암기 포인트

층류 마찰계수: $f = 64/Re$. 벽면 전단응력: $\tau_0 = \frac{f}{8}\rho V^2$. 두 식을 합치면 $\tau_0 = \frac{8\rho V^2}{Re}$로 한 번에 계산할 수 있다.

NoteBase

문 20. 단면 80cm × 80cm**, 길이** 10m**, 단위중량** 0.5gf/cm^3**인 직육면체의 물체가 정수 중의 수면 아래로 완전히 잠기기 위해 필요한 최소의 힘[ton]은? (단, 물의 단위중량은** 1.0gf/cm^3**이다)**

① 0.8

② 1.6

③ 3.2

④ 6.4

정답 3번

출제 포인트

물체가 완전히 물에 잠기려면 그 상태에서 발생하는 부력(浮力)이 물체 자중보다 큰 만큼을 외력으로 눌러 눌러줘야 한다는 점을 묻는다. 즉 필요한 최소 힘은 '완전 잠긴 상태의 부력'에서 '물체의 자중'을 뺀 값이다.

조건 정리

단면 80cm × 80cm, 길이 10m = 1000cm인 직육면체이므로 부피 $V = 80 \times 80 \times 1000 = 6{,}400{,}000\text{cm}^3 = 6.4\text{m}^3$이다. 물체의 단위중량 $\gamma_s = 0.5\text{gf/cm}^3$, 물의 단위중량 $\gamma_w = 1.0\text{gf/cm}^3$이며, 물체는 물보다 가벼워(비중 0.5) 그대로 두면 절반만 잠기고 떠오르므로 완전히 잠기게 하려면 위에서 눌러주는 힘이 추가로 필요하다.

사용할 공식

물체의 자중 $W = \gamma_s V$, 완전히 잠겼을 때 부력 $F_B = \gamma_w V$. 물체가 뜨려는 힘(부력이 자중을 초과하는 양)을 눌러 잠기게 하는 데 필요한 최소 힘은 $F = F_B - W = (\gamma_w - \gamma_s)V$ 이다(연직 방향 힘의 평형: $F + W = F_B$).

계산 과정

자중 $W = \gamma_s V = 0.5 \times 6{,}400{,}000 = 3{,}200{,}000\text{gf} = 3.2\text{ton}$이다. 완전히 잠겼을 때의 부력 $F_B = \gamma_w V = 1.0 \times 6{,}400{,}000 = 6{,}400{,}000\text{gf} = 6.4\text{ton}$이다. 따라서 완전히 잠기게 하는 데 필요한 최소의 힘은 $F = F_B - W = 6.4 - 3.2 = 3.2\text{ton}$ 이다.

NoteBase

선지 판단

① 0.8 X — 자중이나 부력 계산 과정에서 단면적을 한 변만(예: 80 × 1000) 곱하는 등 부피를 잘못 산정했을 때 나오는 값으로, 실제 부피(6.4m^3)를 반영하지 않은 오답이다.
② 1.6 X — 필요한 힘 $F_B - W$를 구하지 않고 그 절반(예: $(F_B - W)/2$)을 취하거나 부피 계산에서 2를 나누는 실수를 했을 때 나오는 값으로, 힘의 평형식을 잘못 세운 오답이다.
③ 3.2 O — 부력 $F_B = 6.4\text{ton}$에서 자중 $W = 3.2\text{ton}$을 뺀 값과 정확히 일치한다. 완전히 잠긴 상태에서 위로 뜨려는 초과 부력만큼을 눌러줘야 하므로 이 값이 필요한 최소의 힘이다.
④ 6.4 X — 부력 F_B 자체의 값으로, 자중을 빼지 않고 부력 전체를 필요한 힘으로 오인했을 때 나오는 오답이다. 물체 자신도 무게가 있어 이미 그 무게만큼은 부력이 상쇄해 주므로, 외력은 부력에서 자중을 뺀 차이만큼만 있으면 된다.

오답 포인트

이 문제의 핵심 함정은 완전히 잠긴 상태의 부력($F_B = 6.4\text{ton}$)을 그대로 정답으로 고르는 것(④)이다. 물체 자체의 자중(3.2ton)이 이미 아래로 작용하고 있으므로, 외력은 부력에서 자중을 뺀 차이만큼만 필요하다는 점을 놓치면 안 된다. 또한 길이 단위(m)와 단면 단위(cm)를 통일하지 않고 계산하면 부피 값이 크게 어긋나 ①·② 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

물체가 물보다 가벼워 '완전히 잠기게 하는 데 필요한 최소 힘'을 묻는 유형은 항상 (완전 잠김 시 부력) − (물체 자중)의 구조임을 먼저 떠올린다. 부피 계산 시 모든 치수를 같은 단위로 통일한 뒤 단위중량을 곱해 자중과 부력을 각각 구하고, 마지막에 두 값의 차를 취하는 순서로 접근하면 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

필요한 최소 힘 $F = (\gamma_w - \gamma_s)V$, 즉 부력에서 자중을 뺀 값임을 기억해 둔다. 반대로 물체가 물보다 무거워 가라앉으려 할 때 그것을 띄우는 데 필요한 힘도 같은 논리로 (자중) − (부력)으로 구한다는 것을 함께 정리해 둔다.

NoteBase

문 21. 관수로 흐름의 특성과 해석방법에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 층류에서 마찰손실수두는 평균유속에 비례한다.

② 비원형단면에서 마찰손실은 $h_L = f\frac{\ell}{R_h}\frac{V^2}{2g}$으로 구할 수 있다. (단, f: 마찰손실계수, ℓ: 관길이, R_h: 동수반경, V: 평균유속, g: 중력가속도)

③ 관수로 흐름이 층류일 때 발달거리 $L = 0.6Re \times d$이다. (단, Re: Reynolds 수, d: 관경)

④ 마찰계수는 단위면적당 마찰력을 나타내므로 응력과 차원이 같다.

정답 1번

출제 포인트

관수로(pipe flow) 흐름에서 마찰손실수두 공식, 비원형단면의 동수반경 적용법, 층류의 입구(발달)길이 공식, 마찰손실계수의 차원을 정확히 구분할 수 있는지를 묻는다. 각 선지가 서로 다른 공식의 일부를 살짝 바꿔 놓은 함정형 문제이므로 공식의 정확한 형태를 기억하는 것이 핵심이다.

사용할 공식

Darcy-Weisbach 마찰손실수두 공식은 $h_L = f\frac{\ell}{d}\frac{V^2}{2g}$이다. 층류에서 마찰손실계수는 $f = \frac{64}{Re} = \frac{64\mu}{\rho V d}$이다.
비원형단면에서는 관경 d 대신 동수반경 $R_h = A/P$를 사용하되, 원형관과 동일한 형태로 쓰려면 $d = 4R_h$ 관계를 대입하여 $h_L = f\frac{\ell}{4R_h}\frac{V^2}{2g}$로 쓴다. 층류 관수로의 발달거리(입구길이)는 $L = 0.06Re \times d$이다.

계산 과정

① 층류의 마찰손실수두를 유속으로 직접 풀어보면 $h_L = f\frac{\ell}{d}\frac{V^2}{2g} = \frac{64\mu}{\rho V d} \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \frac{V^2}{2g} = \frac{32\mu\ell V}{\rho g d^2}$가 된다. 즉 f에 포함된 V^{-1}과 공식의 V^2이 상쇄되어 $h_L \propto V^1$, 정확히 평균유속에 비례한다.
② 비원형단면 공식은 d 자리에 동수반경 R_h를 그대로 넣는 것이 아니라 $d = 4R_h$로 치환해야 하므로 올바른 식은 $h_L = f\frac{\ell}{4R_h}\frac{V^2}{2g}$이다. 선지의 식은 분모에 4가 빠져 있어 손실수두를 4배 과대평가하게 된다.
③ 층류 발달거리 공식은 $L = 0.06Re \times d$이며, 선지의 $0.6Re \times d$는 계수가 10배 크게 잘못 제시되었다.
④ 마찰손실계수 f(Darcy 마찰계수)는 무차원수이다. 벽면 전단응력 τ_0와는 $f = \frac{8\tau_0}{\rho V^2}$ 관계로 연결될 뿐, f 자체가 응력과 같은 차원(힘/면적)을 갖는 것은 아니다.

NoteBase

선지 판단

① O — 층류에서 $f = 64/Re$이므로 $h_L \propto fV^2 \propto V^{-1} \cdot V^2 = V^1$, 즉 마찰손실수두는 평균유속의 1제곱, 곧 평균유속에 비례한다.
② X — 비원형단면의 마찰손실은 $h_L = f\frac{\ell}{4R_h}\frac{V^2}{2g}$이 되어야 한다. 선지처럼 분모에 R_h만 넣으면 4배 값이 되어 틀렸다. → 올바른 표현: $h_L = f\frac{\ell}{4R_h}\frac{V^2}{2g}$.
③ X — 층류의 발달거리는 $L = 0.06Re \times d$이다. → 올바른 표현: $L = 0.06Re \times d$(선지의 0.6은 오류).
④ X — 마찰손실계수 f는 무차원수이다. → 올바른 표현: 마찰계수는 무차원이며, 벽면 전단응력과는 $f = 8\tau_0/(\rho V^2)$의 관계로만 연결된다.

오답 포인트

②는 원형관 공식을 비원형단면에 옮길 때 d를 R_h로 단순 치환하는 실수에서 비롯된 함정이다(올바르게는 $4R_h$). ③은 발달거리 공식의 계수 0.06을 0.6으로 자릿수를 착각하기 쉬운 함정이다. ④는 마찰계수를 전단응력과 혼동해 차원이 있는 값으로 오인하는 실수인데, 마찰계수는 무차원수임을 기억해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

관수로 마찰손실 문제에서는 먼저 원형단면 공식 $h_L = f(\ell/d)(V^2/2g)$을 기준으로 놓고, 비원형단면이면 d를 $4R_h$로 바꾸는지 확인한다. 층류 관련 수치 공식(발달거리 $0.06Re \cdot d$, 마찰계수 $64/Re$)은 계수 자릿수까지 정확히 암기해 두고, 마찰계수 자체가 무차원이라는 점과 층류 손실수두가 유속의 1제곱에 비례한다는 결론을 별도로 기억해 둔다.

암기 포인트

층류: $f = 64/Re$, $h_L \propto V$(1제곱 비례). 비원형단면 손실수두는 $d \to 4R_h$ 치환. 층류 발달거리 $L = 0.06Re \times d$. 마찰손실계수 f는 무차원.

NoteBase

문 22. 3개월 동안 저수지 수표면에서 관측한 강우량이 100 cm, 해당 기간 저수지의 유입량과 방류량은 각각 40 cm, 70 cm이고, 이 기간의 저수지 수위가 10 cm 상승하였을 때, 3개월 동안 저수지에서 발생한 증발량[cm]은? (단, 다른 손실량은 무시한다)

① 60

② 70

③ 80

④ 90

정답 1번

출제 포인트

저수지(호소)의 물수지(water balance) 방정식을 세워 미지항인 증발량을 구하는 문제이다. 유입·강우는 저수지로 들어오는 양, 유출·증발·기타 손실은 저수지에서 빠져나가는 양이며, 저수지 수위(저류량)의 변화는 유입 총량과 유출 총량의 차이로 결정된다는 원리를 적용한다.

조건 정리

강우량(수표면 관측) $P = 100$ cm, 유입량 $I = 40$ cm, 방류량 $O = 70$ cm, 저수지 수위 변화 $\Delta S = +10$ cm (상승), 증발량 $E = ?$, 다른 손실량은 무시한다.

사용할 공식

저수지 물수지식: $\Delta S = (P + I) - (O + E)$ 여기서 좌변은 저류량(수위)의 변화, 우변은 유입측 합계에서 유출측 합계를 뺀 값이다. 이를 증발량에 대해 정리하면 $E = (P + I) - O - \Delta S$ 가 된다.

계산 과정

물수지식에 값을 대입하면 $10 = (100 + 40) - 70 - E$ 이므로 $10 = 140 - 70 - E = 70 - E$ 따라서 $E = 70 - 10 = 60$ cm 가 된다.

선지 판단

① 60 → O, 물수지식 $E = 70 - 10 = 60$에 정확히 일치한다.
② 70 → X, 방류량 값을 그대로 옮긴 값으로 수위 변화(10 cm)를 반영하지 않은 오답이다.
③ 80 → X, 수위 변화를 더하는 방향(70+10)으로 잘못 계산한 경우 나올 수 있는 값이다.
④ 90 → X, 강우량과 유입량의 차(100-40=60)에 수위 변화를 잘못 더하는 등 항을 혼동했을 때 나오는 값으로 물수지식과 맞지 않는다.

NoteBase

오답 포인트

수위가 '상승'했다는 것은 유입측 합계가 유출측 합계보다 크다는 뜻이므로, 저류량 변화 ΔS를 유출측(방류량+증발량)에 더하는 것이 아니라 유입측 합계에서 뺀다는 부호 관계를 혼동하면 오답이 나온다. 또한 강우량과 유입량을 더하지 않고 하나만 사용하거나, 방류량과 증발량을 구분하지 않고 합쳐서 계산하는 실수도 흔하다.

다시 나오면 이렇게 판단

저수지 물수지 문제는 먼저 어떤 항이 유입측(강우, 유입)이고 어떤 항이 유출측(방류, 증발, 침투 등 손실)인지부터 구분한다. 그 다음 저류량 변화(수위 변화)를 '유입측 합계 - 유출측 합계'로 놓고, 부호(상승이면 +, 하강이면 -)를 정확히 반영하여 미지항에 대해 식을 정리한다.

암기 포인트

저수지 물수지식: $\Delta S = (P + I) - (O + E)$. 수위 상승은 ΔS가 양(+)이라는 의미이며, 증발량 등 미지항은 이 식을 그대로 이항하여 구한다.

NoteBase

문 23. 자연하천의 직선 200 m 구간 홍수흔적조사에서 최대홍수위상태에 대한 구간 평균 유수단면적 30 m^2, 윤변 30 m, 수면강하 32 cm, 평균조도 $n = 0.02$로 나타났을 때, 조사된 홍수사상의 최대홍수량 $[m^3/s]$은?

① 40

② 60

③ 80

④ 120

정답 2번

출제 포인트

홍수흔적조사(간접유량측정법) 자료로부터 등류 공식(Manning 공식)을 이용해 홍수사상의 최대홍수량을 계산하는 문제이다. 유수단면적, 윤변, 수면강하량(구간 길이당 낙차), 조도계수가 주어졌을 때 동수반경과 하상경사를 먼저 구하고 이를 Manning 공식에 대입하는 과정을 묻는다.

조건 정리

구간 길이 $L = 200\text{m}$, 평균 유수단면적 $A = 30\text{m}^2$, 윤변 $P = 30\text{m}$, 수면강하(구간 양단의 수위차) $\Delta h = 32\text{cm} = 0.32\text{m}$, 평균조도계수 $n = 0.02$이다.

사용할 공식

동수반경 $R = \frac{A}{P}$, 하상(에너지)경사 $S = \frac{\Delta h}{L}$, Manning 공식 $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$, 최대홍수량 $Q = AV = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$.

계산 과정

동수반경은 $R = \frac{A}{P} = \frac{30}{30} = 1\text{m}$이므로 $R^{2/3} = 1$이다. 경사는 $S = \frac{0.32}{200} = 0.0016$이고 $S^{1/2} = \sqrt{0.0016} = 0.04$이다. 따라서 유속은 $V = \frac{1}{0.02} \times 1 \times 0.04 = 2\text{m/s}$이고, 최대홍수량은 $Q = AV = 30 \times 2 = 60\text{m}^3/\text{s}$이다.

선지 판단

① 40 → 오답. R이나 S를 잘못 대입하거나 제곱근 계산을 누락한 값으로, 계산 과정의 60과 다르다.

② 60 → 정답. $R = 1\text{m}$, $S = 0.0016$을 Manning 공식에 대입하면 $Q = 60\text{m}^3/\text{s}$로 정확히 일치한다.

③ 80 → 오답. 경사 계산 시 수면강하 32 cm를 0.32 m가 아닌 다른 값으로 잘못 환산하거나 조도계수 적용을 잘못한 경우 나올 수 있는 값이다.

④ 120 → 오답. 유속과 단면적을 중복 반영하거나 제곱근을 생략하고 계산할 때 나올 수 있는 값으로, 정확한 계산 결과와 다르다.

NoteBase

오답 포인트

윤변을 유수단면적에 곱하거나 나누는 것을 헷갈려 동수반경 $R = A/P$를 잘못 구하는 경우가 많다. 또한 수면강하 32 cm를 m 단위로 환산하지 않고 그대로 200으로 나누면 경사값이 100배 커져 결과가 크게 틀어진다. 제곱근 계산에서 $\sqrt{0.0016} = 0.04$를 0.016이나 0.4로 잘못 계산하지 않도록 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

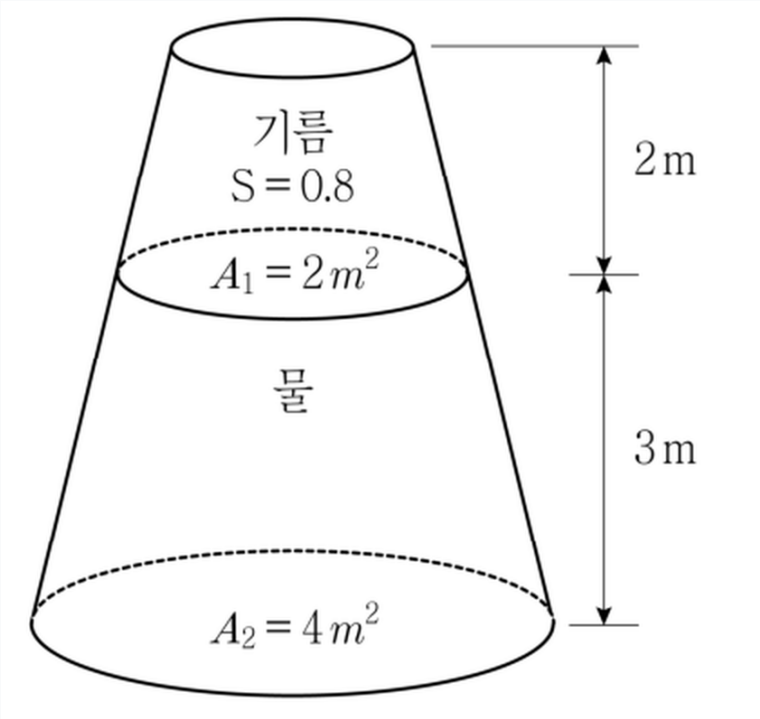
홍수흔적조사형 문제는 항상 (1) 단위를 m로 통일, (2) $R = A/P$ 계산, (3) $S = \Delta h/L$ 계산, (4) Manning 공식 $Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$ 대입의 순서로 푼다. 특히 R이 1로 딱 떨어지는 경우가 많으므로 이 값을 먼저 확인하면 계산이 단순해진다.

암기 포인트

동수반경 $R = \frac{A}{P}$(윤변으로 나눔), 경사 S=수면강하구간길이, Manning 유속공식 $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$, 유량 $Q = AV$를 세트로 기억한다.

NoteBase

문 24. 그림과 같이 수조에 비중이 0.8인 기름과 물이 채워져 있을 때, 수조 내부 바닥에 작용하는 총 힘의 크기 [kN]는? (단, 물의 단위중량은 10kN/m^{3}이다)



① 46

② 92

③ 138

④ 184

정답 4번

출제 포인트

층을 이루는 두 유체(기름·물)가 채워진 수조에서 바닥에 작용하는 총 힘을 구하는 문제이다. 바닥면에 작용하는 압력은 그 위에 쌓인 모든 유체층의 압력을 더한 값이며, 이 압력에 바닥 단면적을 곱하면 바닥에 작용하는 총 힘이 된다. 수조 모양이 원뿔대(위가 좁고 아래가 넓은 형태)라도 바닥에 작용하는 힘은 바닥 위에 쌓인 유체의 무게가 아니라 바닥에서의 압력에 바닥면적을 곱한 값으로 계산한다는 점이 핵심이다.

조건 정리

기름의 비중 $S = 0.8$, 기름층 높이 $h_1 = 2$m, 물층 높이 $h_2 = 3$m, 물의 단위중량 $\gamma_w = 10$kN/m^3, 바닥(수조 최하단) 단면적 $A_2 = 4$m^{2}이다. 기름-물 경계면의 단면적 $A_1 = 2$m^{2}은 바닥 압력 계산에는 쓰이지 않고, 바닥에서의 압력을 구한 뒤 바닥 면적 A_2에 곱하면 된다.

NoteBase

사용할 공식

기름의 단위중량은 $\gamma_{oil} = S \times \gamma_w$이다. 임의 깊이에서의 압력은 그 위에 쌓인 각 유체층의 $\gamma \times h$를 모두 더한 값이므로, 바닥에서의 압력은 $p_{bottom} = \gamma_{oil} h_1 + \gamma_w h_2$이다. 바닥에 작용하는 총 힘은 $F = p_{bottom} \times A_2$이다.

계산 과정

기름의 단위중량은 $\gamma_{oil} = 0.8 \times 10 = 8\text{kN/m}^3$이다. 바닥에서의 압력은 $p_{bottom} = 8 \times 2 + 10 \times 3 = 16 + 30 = 46\text{kN/m}^2$이다. 이 압력이 바닥면 전체(단면적 $A_2 = 4\text{m}^2$)에 고르게 작용하므로, 바닥에 작용하는 총 힘은 $F = 46 \times 4 = 184\text{kN}$이다.

선지 판단

① 46 → X, 이는 바닥에서의 압력값(kN/m^2)일 뿐이며 바닥 면적을 곱하지 않은 값이라 힘의 크기가 아니다.
② 92 → X, 압력 46에 절반 면적($A_1 = 2\text{m}^2$, 즉 경계면 면적)을 곱한 값으로, 바닥 면적이 아닌 경계면 면적을 잘못 사용한 결과이다.
③ 138 → X, 기름층 무게 성분만 누락하거나 물층의 압력만으로 잘못 계산하는 등의 중간 오류에서 나올 수 있는 값으로, 두 유체층의 압력을 모두 합산하지 않은 결과이다.
④ 184 → O, 바닥에서의 압력 46kN/m^{2}에 바닥 단면적 $A_2 = 4\text{m}^2$를 곱한 값으로 정확하다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 바닥 압력에 바닥면적 A_2가 아니라 경계면 면적 A_1을 곱하는 것이다. 수조가 원뿔대 모양이라 폭이 위아래로 다르지만, 압력은 어디까지나 그 지점의 깊이(그 위에 쌓인 유체층의 무게에 의한 값)로 결정되고, 힘은 그 압력에 해당 위치의 실제 단면적을 곱해야 한다는 점을 놓치면 안 된다. 또한 기름층의 단위중량을 구할 때 비중 0.8을 물의 단위중량에 곱하는 것을 빠뜨리고 그냥 10으로 계산하는 실수도 주의해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

여러 유체층이 쌓인 용기에서 바닥(또는 특정 깊이)에 작용하는 힘을 구하는 문제는, 먼저 그 위치까지의 압력을 각 층의 $\gamma \times h$를 모두 더해 구하고, 그 다음 그 위치의 실제 단면적을 곱하는 순서로 접근한다. 용기 모양이 원기둥이 아니라 원뿔대처럼 단면적이 바뀌는 경우, 압력 계산에는 층의 높이만 쓰고, 힘 계산 단계에서만 해당 위치의 단면적을 곱한다는 점을 구분해서 기억한다.

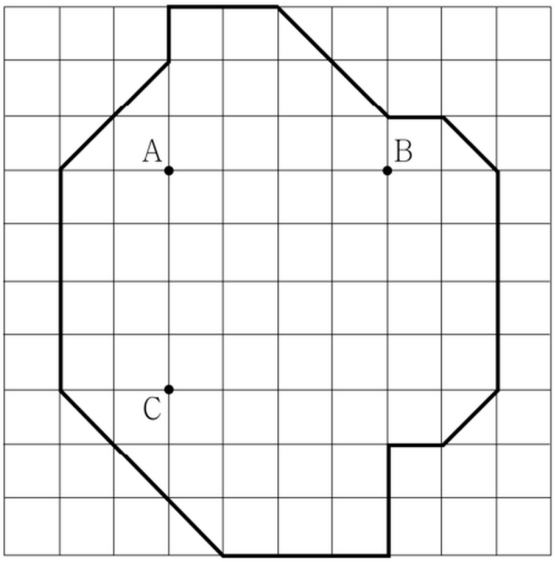
암기 포인트

특정 깊이에서의 압력 $p = \sum \gamma_i h_i$ (위에서부터 쌓인 각 층의 단위중량과 높이의 곱의 합). 특정 면에 작용하는 힘 $F = p \times A$ (그 면의 실제 단면적을 곱함). 비중이 주어지면 $\gamma_{fluid} = S \times \gamma_w$로 환산한다.

NoteBase

문 25. 그림과 같은 유역에 3개의 우량관측소가 설치되어 있으며, 각 우량관측소에 기록된 우량이 다음 표와 같다. 티센(Thiessen) 방법을 사용하여 구한 유역의 평균 우량[mm]은? (단, 굵은 실선은 유역 경계를 나타내며, 정사각형 격자 하나당 면적은 4km^2이다)

우량관측소	A	B	C
우 량(mm)	20	20	10



① 약 16.7

② 약 16.0

③ 약 15.7

④ 약 15.0

정답 2번

출제 포인트

티센(Thiessen) 다각형법으로 유역평균우량을 구하는 문제로, 각 관측소의 지배면적 비율을 격자 눈금으로 산정하고 이를 가중치로 사용해 가중평균을 계산하는 능력을 확인한다.

조건 정리

관측소 A, B의 우량은 각각 20mm로 서로 같고, C의 우량은 10mm이다. 격자 한 칸의 면적은 4km^2이며, 세 관측소를 두 점씩 이은 선분의 수직이등분선(티센 경계선)을 그어 유역을 A, B, C 각각의 지배구역 세 부분으로 나눈다.

NoteBase

사용할 공식

티센 방법의 유역평균우량은 $\bar{P}=\frac{\sum P_i A_i}{\sum A_i}$이다. A와 B의 우량이 20mm로 동일하므로 두 지배구역을 하나로 묶어 정리하면 $\bar{P}=20(1-r_C)+10r_C=20-10r_C$가 되며, 여기서 r_C는 유역 전체 면적 중 C의 티센 지배구역이 차지하는 비율이다.

계산 과정

A-B, A-C, B-C를 잇는 선분 각각의 수직이등분선을 그어 유역을 세 구역으로 나눈 뒤 격자 칸 수를 세면, C의 지배구역이 전체 유역 격자 수의 약 40%($r_C=0.4$)를 차지하고 A와 B의 지배구역을 합치면 나머지 60%를 차지한다. 이를 공식에 대입하면 $\bar{P}=20\times0.6+10\times0.4=12+4=16.0\text{mm}$가 된다.

선지 판단

① 약 16.7 → X, C의 지배면적 비율을 약 33%로 실제보다 좁게 산정했을 때 나오는 값이다.
② 약 16.0 → O, C의 지배면적 비율을 40%로 정확히 산정했을 때 나오는 값이다.
③ 약 15.7 → X, C의 지배면적 비율을 약 43%로 실제보다 넓게 산정했을 때 나오는 값으로, A-C 또는 B-C 경계선을 어긋나게 그어 C쪽 격자를 한두 칸 더 포함시킨 경우이다.
④ 약 15.0 → X, C의 지배구역을 유역 절반(50%)으로 잘못 산정했을 때 나오는 값이다.

오답 포인트

A와 B의 우량이 똑같이 20mm이므로 두 관측소의 지배구역을 굳이 따로 나누어 격자를 셀 필요 없이 C의 지배면적 비율만 정확히 구하면 계산이 단순해지는데, 이를 놓치고 세 구역을 각각 따로 어림잡아 세다 보면 오차가 커진다. 또한 수직이등분선을 눈대중으로 그으면 경계선이 기울어져 격자 칸이 엉뚱한 구역에 배분되므로, 두 관측소를 잇는 선분의 중점을 정확히 찍고 그 선분에 수직인 방향으로 경계선을 그어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

관측소 중 우량값이 같은 지점이 있으면 그 지점들의 지배면적을 하나로 합쳐 계산식을 단순화한 뒤, 나머지 한 관측소의 지배면적 비율만 격자로 정확히 세어 대입한다.

암기 포인트

티센법 가중평균 공식 $\bar{P}=\frac{\sum P_i A_i}{\sum A_i}$과, 지배구역의 경계는 관측소를 잇는 선분의 수직이등분선이라는 점, 우량값이 같은 관측소끼리는 지배면적을 합산해 계산을 단순화할 수 있다는 점을 기억해 둔다.

NoteBase