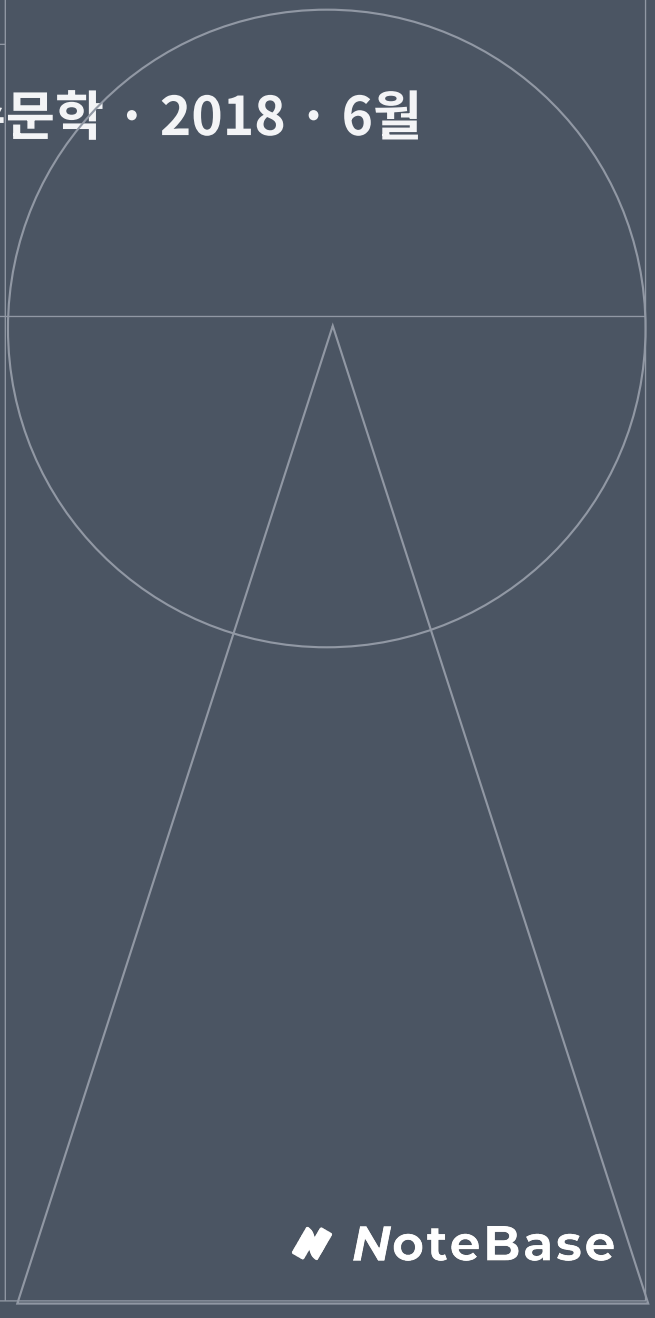
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2018 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2018 · 6월

공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2018 · 6월

문 1. 하상에 보를 설치할 경우, 발생 가능한 수심의 변화에 대한 설명으로 가장 옳은 것은? (단, 하상에 보는 수심에 비해 현저히 낮은 높이라고 가정한다.)

① 흐름상태에 관계 없이 수심이 증가한다.

② 흐름상태에 관계 없이 수심이 감소한다.

③ 흐름이 상류인 경우 수심이 감소하고, 사류인 경우에는 증가한다.

④ 흐름이 상류인 경우 수심이 증가하고, 사류인 경우에는 감소한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 개수로에서 보와 같은 낮은 하상 융기가 생길 때 상류와 사류의 수심 변화 방향을 비에너지 개념으로 구분할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

상류는 프루드수 $Fr < 1$인 완만한 흐름으로 비에너지가 줄면 수심이 감소하는 가지이다.
사류는 $Fr > 1$인 급한 흐름으로 비에너지가 줄면 수심이 증가하는 가지이다.
보가 낮게 설치되면 하상이 Δz만큼 올라간 것과 같아서 해당 지점의 비에너지가 $E_2 = E_1 - \Delta z$로 감소한다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 "흐름상태에 관계 없이"이다. 보 설치에 따른 수심 변화는 흐름 상태에 따라 달라진다. 올바르게는 상류에서는 수심이 감소하고, 사류에서는 수심이 증가한다.
2번: X. 틀린 부분은 "흐름상태에 관계 없이 수심이 감소한다"이다. 비에너지가 감소해도 사류에서는 오히려 수심이 증가한다. 올바르게는 상류에서만 수심이 감소한다.
3번: O. 낮은 보는 하상 상승과 같은 효과를 내므로 비에너지를 감소시킨다. 비에너지 곡선의 상류 가지에서는 E가 줄면 y가 감소하고, 사류 가지에서는 E가 줄면 y가 증가하므로 설명이 맞다.
4번: X. 틀린 부분은 상류와 사류의 변화 방향을 뒤집은 점이다. 올바르게는 상류인 경우 수심이 감소하고, 사류인 경우 수심이 증가한다.

NoteBase

오답 포인트

상류와 사류를 단순히 유속 크기만으로 외우면 변화 방향을 거꾸로 고르기 쉽다. 이 문항의 함정은 보 설치가 수심을 무조건 올린다고 직감하게 만드는 데 있는데, 실제 판단 기준은 수심 자체가 아니라 비에너지 감소 후 어느 가지에 있는가이다.

다시 나오면 이렇게 판단

개수로에 보나 융기부가 나오면 먼저 하상 상승으로 비에너지가 감소한다고 본다. 그다음 비에너지 곡선의 상류 가지인지 사류 가지인지만 구분하면 상류는 수심 감소, 사류는 수심 증가로 바로 판단된다.

암기 포인트

하상 상승으로 E가 줄 때 상류는 얕아지고, 사류는 깊어진다.

NoteBase

문 2. 개수로 수리모형실험을 하기 위해 4:1의 축적으로 폭(B)이 2.0m인 모형수로를 제작하였다. 원형(prototype)의 유량(Q_P)은 $64\text{m}^3/\text{s}$ec이고 모형법칙에서의 유량비 (Q_r)는 32였다. 모형수로에서의 유량(Q_m)이 흐를 때 측정한 수심이 1.0m라면 모형수로에서의 유속 (V_m)에 가장 가까운 것은?

① 0.25m/sec

② 1.0m/sec

③ 16.0m/sec

④ 32.0m/sec

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 프루드(Froude) 상사법칙에서 유량비가 $Q_r = L_r^{5/2}$로 정해진다는 점과, 직사각형 수로의 연속방정식 $Q = AV$로 모형유속을 계산할 수 있는지를 묻는다. 길이 축척비 $L_r = 4$를 대입하면 $4^{5/2} = 32$로 주어진 유량비 32와 일치하므로, 모형유량을 먼저 구한 뒤 단면적으로 나누는 순서로 접근한다.

조건 정리

주어진 값은 원형 유량 $Q_p = 64m^3/sec$, 유량비 $Q_r = 32$, 길이 축척비 $L_r = 4$, 모형수로 폭 $B = 2.0m$, 모형수심 $y = 1.0m$이다.
구해야 할 값은 모형수로의 유속 V_m이다.
문제의 유량비 32는 원형과 모형의 유량비 $Q_r = Q_p/Q_m$로 본다.

사용할 공식

프루드 상사법칙에서 유량비는 $Q_r = L_r^{5/2}$, 유속비는 $V_r = L_r^{1/2}$이고, 유량비의 정의는 $Q_r = Q_p/Q_m$, 유속 계산은 연속방정식 $Q_m = A_m V_m$를 사용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 원형 유량과 모형법칙의 유량비가 함께 주어졌으므로 먼저 모형유량을 정할 수 있고, 이어서 모형수로의 폭과 수심으로 단면적을 구하면 연속방정식으로 유속을 바로 계산할 수 있기 때문이다.
유속비 $V_r = L_r^{1/2}$를 이용하면 같은 결과를 교차 검증할 수 있다.

계산 과정

1. 유량비 $Q_r = Q_p/Q_m = 32$이므로 $Q_m = Q_p/32 = 64/32 = 2.0m^3/sec$이다.
2. 모형수로 단면적은 직사각형으로 보고 $A_m = By = 2.0 \times 1.0 = 2.0m^2$이다.
3. 따라서 $V_m = Q_m/A_m = 2.0/2.0 = 1.0m/sec$이다.
4. 유속비로 교차 검증하면 $V_r = L_r^{1/2} = \sqrt{4} = 2$이고, 원형 단면적은 $A_p = (B \times L_r)(y \times L_r) = 8.0 \times 4.0 = 32m^2$이므로 $V_p = Q_p/A_p = 64/32 = 2.0m/sec$이며, $V_m = V_p/V_r = 2.0/2 = 1.0m/sec$로 동일하다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 0.25m/sec는 모형유량 $Q_m = 2.0m^3/sec$는 맞게 구했으나 단면적에 모형 폭 2.0m 대신 원형 폭 $B \times L_r = 8.0m$를 잘못 대입해 $A = 8.0 \times 1.0 = 8.0m^2$로 보고 2.0/8.0 = 0.25로 계산할 때 나오는 값이다. 올바른 단면적은 $2.0m^2$이므로 유속은 1.0m/sec이다.
2번 O: 유량비로부터 $Q_m = 2.0m^3/sec$, 단면적은 $A_m = 2.0m^2$이므로 $V_m = 1.0m/sec$가 된다.
3번 X: 16.0m/sec는 유량비와 단면적 계산을 건너뛰고 원형 유량 64를 길이 축척 4로만 나누어 64/4 = 16으로 구할 때 나오는 값이다. 유속은 모형유량을 단면적으로 나누어야 하므로 올바른 값은 1.0m/sec이다.
4번 X: 32.0m/sec는 주어진 유량비 32를 그대로 유속으로 오해한 값이다. 32는 유량비 Q_r이지 모형유속이 아니며, 계산 결과 모형유속은 1.0m/sec이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 길이 축척 4:1과 유량비 32를 같은 종류의 비로 취급하는 데 있다. 프루드 법칙에서 유량비는 $L_r^{5/2}$, 유속비는 $L_r^{1/2}$로 축척의 서로 다른 거듭제곱이므로 유량비 32를 그대로 유속으로 쓸 수 없다. 먼저 Q_p/Q_m 관계로 모형유량을 구한 뒤 단면적 By로 나누어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

수리모형 계산형 문항은 프루드 상사법칙의 축척 관계($Q_r = L_r^{5/2}$, $V_r = L_r^{1/2}$)로 비의 의미를 먼저 확정하고, 원형량에서 모형량을 구한 다음, 마지막에 $Q = AV$나 필요한 기본식을 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

프루드 모형에서 유량비는 $L_r^{5/2}$, 유속비는 $L_r^{1/2}$이며, 모형유속은 $Q_m = Q_p/Q_r$를 먼저 구한 뒤 $V_m = Q_m/(By)$로 정리한다.

NoteBase

문 3. 어떤 하천에 대해 <보기>와 같이 수심의 20%, 60% 및 80% 되는 지점에서 유속을 측정하였을 때 유출량은? (단, 하천의 수심 h는 3~6m이다.)

<보기>

지점		1	2	3	4	5
유속 (m/sec)	$0.2h$	1.2	2.4	3.6	3.0	1.8
	$0.6h$	1.0	2.0	3.3	2.8	1.6
	$0.8h$	0.6	1.2	2.6	2.4	1.2
단면적 (m^2)		3	6	10	8	4

① $64.45m^3/sec$

② $74.45m^3/sec$

③ $84.45m^3/sec$

④ $94.45m^3/sec$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 수심이 3~6m일 때의 3점법 평균유속과 부분 단면적을 이용해 총 유출량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 각 지점의 $0.2h$, $0.6h$, $0.8h$ 유속과 부분 단면적이다.
하천 수심 h는 3~6m이므로 각 지점 평균유속은 3점법으로 구한다.
구해야 할 값은 전체 유출량 Q이다.

사용할 공식

각 지점 평균유속은
$\bar{v}_i = \frac{v_{0.2h} + 2v_{0.6h} + v_{0.8h}}{4}$
이고, 전체 유출량은
$Q = \sum A_i \bar{v}_i$
이다.
수심이 3~6m일 때는 $0.2h$, $0.6h$, $0.8h$의 3개 유속을 써서 평균유속을 구해야 하므로 이 공식을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1지점: $\bar{v}_1 = (1.2 + 2 \times 1.0 + 0.6)/4 = 0.95m/\text{sec}$, $Q_1 = 3 \times 0.95 = 2.85m^3/\text{sec}$이다.
2지점: $\bar{v}_2 = (2.4 + 2 \times 2.0 + 1.2)/4 = 1.90m/\text{sec}$, $Q_2 = 6 \times 1.90 = 11.4m^3/\text{sec}$이다.
3지점: $\bar{v}_3 = (3.6 + 2 \times 3.3 + 2.6)/4 = 3.20m/\text{sec}$, $Q_3 = 10 \times 3.20 = 32.0m^3/\text{sec}$이다.
4지점: $\bar{v}_4 = (3.0 + 2 \times 2.8 + 2.4)/4 = 2.75m/\text{sec}$, $Q_4 = 8 \times 2.75 = 22.0m^3/\text{sec}$이다.
5지점: $\bar{v}_5 = (1.8 + 2 \times 1.6 + 1.2)/4 = 1.55m/\text{sec}$, $Q_5 = 4 \times 1.55 = 6.2m^3/\text{sec}$이다.
따라서 전체 유출량은 $Q = 2.85 + 11.4 + 32.0 + 22.0 + 6.2 = 74.45m^3/\text{sec}$이다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 $74.45m^3/\text{sec}$이므로 64.45는 총합보다 10 작아 오답이다. 일부 지점의 평균유속이나 부분 유량을 누락한 값에 가깝고, 옳은 표현은 '유출량은 74.45 m^3/sec이다'이다.
2번 O: 5개 지점의 부분 유량을 모두 합하면 $74.45m^3/\text{sec}$가 되어 계산 결과와 일치하므로 정답이다.
3번 X: 계산 결과보다 10 커서 오답이다. 합산 과정에서 일부 값을 과대계산한 경우에 가깝고, 옳은 표현은 '유출량은 74.45 m^3/sec이다'이다.
4번 X: 계산 결과보다 20 커서 오답이다. 3점법 평균유속을 잘못 적용하거나 부분 유량을 중복 합산한 경우에 가깝고, 옳은 표현은 '유출량은 74.45 m^3/sec이다'이다.

오답 포인트

수심 3~6m라는 조건을 놓치면 $(v_{0.2h} + v_{0.8h})/2$의 2점법을 적용하기 쉽다. 또 각 지점에서 평균유속을 먼저 구한 뒤 부분 단면적을 곱해야 하는데, 유속값을 성급히 합산하거나 일부 부분 유량을 빠뜨리면 64.45, 84.45 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

수심 조건으로 평균유속 산정법을 먼저 정하고, 각 지점별 평균유속 계산 -> 부분 단면적 곱셈 -> 전체 합산의 순서로 판단한다.

암기 포인트

수심 3~6m는 3점법을 쓰며, 평균유속은 $\bar{v} = (v_{0.2h} + 2v_{0.6h} + v_{0.8h})/4$, 유출량은 부분면적과 평균유속의 곱을 모두 더한 값이다.

NoteBase

문 4. 사각형 수로에서 한계흐름의 비에너지인 한계 비에너지 (critical specific energy) E_c가 3.0m일 때 한계수심 (critical depth) y_c 및 한계류의 속도수두 $\frac{v_c^2}{2g}$는?

① 한계수심 y_c=0.75m, 한계류의 속도수두 $\frac{v_c^2}{2g}$=1.50m
② 한계수심 y_c=1.50m, 한계류의 속도수두 $\frac{v_c^2}{2g}$=0.75m
③ 한계수심 y_c=1.00m, 한계류의 속도수두 $\frac{v_c^2}{2g}$=2.00m
④ 한계수심 y_c=2.00m, 한계류의 속도수두 $\frac{v_c^2}{2g}$=1.00m

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직사각형 수로의 한계비에너지 관계 $E_c = \frac{3}{2}y_c$와 한계상태의 속도수두 관계 $\frac{v_c^2}{2g} = \frac{y_c}{2}$를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 한계 비에너지 $E_c = 3.0m$
구해야 할 값: 한계수심 y_c, 한계류의 속도수두 $\frac{v_c^2}{2g}$
주의할 조건: 사각형 수로이므로 직사각형 수로의 한계흐름 관계 $E_c = \frac{3}{2}y_c$가 성립한다.

사용할 공식

$E_c = \frac{3}{2}y_c$
$\frac{v_c^2}{2g} = \frac{y_c}{2}$
이 공식을 쓰는 이유는 직사각형 수로의 한계흐름에서 비에너지가 수심과 속도수두의 합으로 정리되고, 그때 한계수심과 한계비에너지의 비가 일정하게 2 : 3으로 고정되기 때문이다.

계산 과정

1. $E_c = \frac{3}{2}y_c$에 $E_c = 3.0$을 대입하면 $y_c = \frac{2}{3} \times 3.0 = 2.0m$이다.
2. 한계상태에서는 $\frac{v_c^2}{2g} = \frac{y_c}{2}$이므로 $\frac{v_c^2}{2g} = \frac{2.0}{2} = 1.0m$이다.
3. 따라서 $y_c = 2.0m$, $\frac{v_c^2}{2g} = 1.0m$이므로 정답은 4번이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 틀린 표현은 $y_c = 0.75m$, $\frac{v_c^2}{2g} = 1.50m$이다. 직사각형 수로의 한계흐름에서는 $E_c = \frac{3}{2}y_c$이므로 y_c는 2.0m가 되어야 하고, 속도수두도 $\frac{y_c}{2} = 1.0m$이어야 한다.
2번 X: 틀린 표현은 $y_c = 1.50m$, $\frac{v_c^2}{2g} = 0.75m$이다. 올바르게는 $y_c = 2.0m$, $\frac{v_c^2}{2g} = 1.0m$이다. 이 값은 한계비에너지를 수심과 같은 크기로 오해했을 때 나오는 오답이다.
3번 X: 틀린 표현은 $y_c = 1.00m$, $\frac{v_c^2}{2g} = 2.00m$이다. 올바르게는 $y_c = 2.0m$, $\frac{v_c^2}{2g} = 1.0m$이다. 속도수두가 수심보다 커지는 형태로 뒤바뀐 오답이다.
4번 O: $E_c = \frac{3}{2}y_c$에서 $y_c = 2.0m$, $\frac{v_c^2}{2g} = \frac{y_c}{2} = 1.0m$가 정확히 맞으므로 옳다.

오답 포인트

한계비에너지 E_c와 한계수심 y_c의 비를 기억하지 못하면 수심과 속도수두를 임의로 반씩 나누거나 뒤집어서 고르게 된다. 이 문제는 직사각형 수로에서 $E_c = \frac{3}{2}y_c$라는 고정 관계를 묻는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 수로의 한계흐름 문제가 나오면 먼저 $E_c = \frac{3}{2}y_c$로 한계수심을 구하고, 다음에 $\frac{v_c^2}{2g} = \frac{y_c}{2}$로 속도수두를 연결해 판단한다.

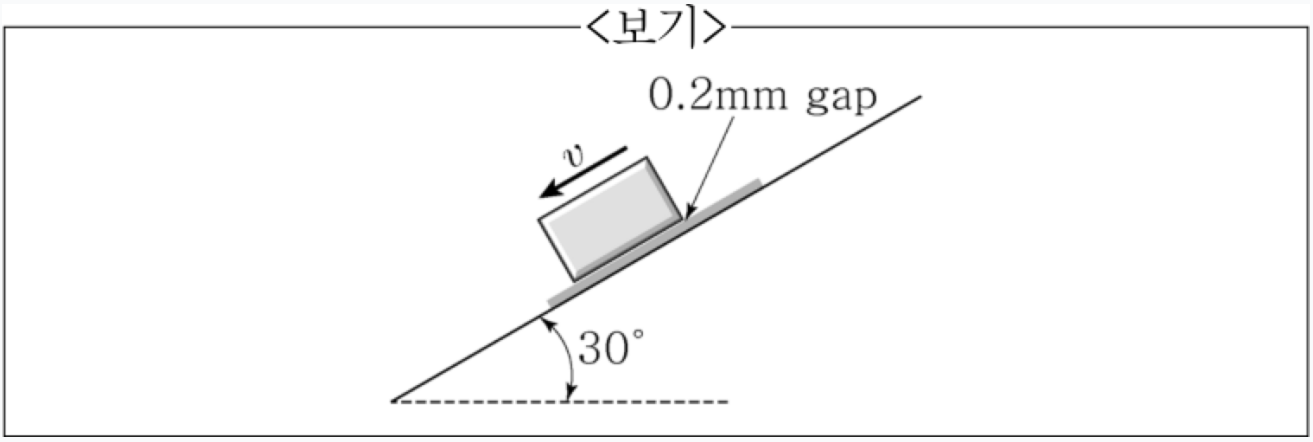
암기 포인트

직사각형 수로 한계흐름은 한계비에너지 = 한계수심의 1.5배, 속도수두 = 한계수심의 절반이다.

NoteBase

문 5. 질량 10.0 kg의 벽돌이 그림과 같이 경사면을 따라 미끄러지고 있다. 벽돌과 경계면 사이에 얇은 틈(0.2mm)은 기름으로 채워져 있다. 벽돌이 기름에 접하고 있는 면적은 $0.10m^2$이다. 틈 사이에서 속도변화가 선형이라고 가정할 때 벽돌의 최종속도는? (단, 기름의 온도는 15°C이고 점성계수는 $4.0 \times 10^{-1} N \cdot sec/m^2$, $\sqrt{3} = 1.7$, 중력가속도(g)는 $10.0 m/sec^2$, 물의 단위중량은 $1 ton_f/m^3$이라 가정한다.)

<보기>



① 0.025m/sec

② 0.043m/sec

③ 0.250m/sec

④ 0.425m/sec

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 경사면 방향 중력 성분과 윤활유의 점성저항이 평형을 이룰 때의 최종속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 질량 10.0 kg, 경사각 30°, 틈 0.2mm, 접촉면적 $0.10m^2$, 점성계수 4.0×10^-1 N·sec/m^2, 중력가속도 10.0m/sec^2이다.
구해야 할 값은 벽돌의 최종속도 v이다.
주의할 조건은 틈 사이 속도분포가 선형이므로 전단응력은 $\tau = \mu v/h$를 사용하고, 틈 0.2mm는 $2.0 \times 10^{-4} m$로 바꿔야 한다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

최종속도에서는 경사면 아래 방향 힘과 점성저항이 같아진다.
$mg\sin\theta = \tau A = \mu A\frac{v}{h}$
이 공식을 쓰는 이유는 벽돌과 경계면 사이에 얇은 유막이 있고 속도분포가 선형이어서 점성저항을 $\mu v/h$로 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 경사면 아래 방향의 중력 성분은 $mg\sin 30^\circ = 10 \times 10 \times 0.5 = 50N$이다.
2. 점성저항은 $F = \mu Av/h$이다.
3. 최종속도에서는 $50 = 0.4 \times 0.10 \times v/(2.0 \times 10^{-4})$이다.
4. 따라서
$v = \frac{50 \times 2.0 \times 10^{-4}}{0.4 \times 0.10} = 0.250m/sec$
이다.

선지별 해설

① X
- 계산 결과는 0.250m/sec이므로 틀리다.
- 0.025m/sec → 올바르게는 0.250m/sec이다.
- 접촉면적 0.10m^2를 1.0m^2로 잘못 넣으면 이런 값이 나온다.

② X
- 계산 결과는 0.250m/sec이므로 틀리다.
- 0.043m/sec → 올바르게는 0.250m/sec이다.
- 경사면 방향 힘에 $\sin 30^\circ$ 대신 $\cos 30^\circ$를 넣고, 접촉면적도 1.0m^2로 잘못 보면 이 값에 가까워진다.

③ O
- $mg\sin 30^\circ = \mu Av/h$로 계산하면 $v = 0.250m/sec$이므로 옳다.

④ X
- 계산 결과는 0.250m/sec이므로 틀리다.
- 0.425m/sec → 올바르게는 0.250m/sec이다.
- 경사면 방향 성분을 $\sin 30^\circ$가 아니라 $\cos 30^\circ$로 잘못 잡으면 이 값이 나온다.

오답 포인트

경사면 방향 힘은 $mg\sin\theta$인데 $mg\cos\theta$로 바꾸는 실수가 잦다. 또 접촉면적 0.10m^2의 소수점과 틈 0.2mm를 m로 환산하는 과정에서 자주 오차가 난다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

최종속도를 묻는 점성저항 문제는 먼저 구동력과 저항력을 평형시키고, 그다음 각도 성분이 $\sin\theta$인지 $\cos\theta$인지와 mm→m 단위 변환을 끝에서 다시 검산하면 된다.

암기 포인트

얇은 유막의 선형유동에서는 $\tau = \mu v/h$이고, 최종속도는 구동력과 점성저항의 평형으로 정해진다.

NoteBase

문 6. 유역면적 3, 500km²인 유역에 내린 집중호우로 인한 일평균유량은 <보기>와 같다. 이 호우로 인한 유역의 총유출용적(m³)에 대한 유출고는?

<보기>

일자	1	2	3	4	5	6
일평균유량 (m^3/sec)	91.0	313.0	197.0	97.0	47.0	20.0

① 16.88mm

② 18.88mm

③ 20.88mm

④ 22.88mm

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 6일간의 일평균유량으로 총유출용적을 구한 뒤, 이를 유역면적으로 나누어 유출고를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 유역면적 $A = 3{,}500km^2 = 3.5 \times 10^9 m^2$이다.
- 일평균유량은 91.0, 313.0, 197.0, 97.0, 47.0, 20.0 m^3/sec이다.

구해야 할 값:
- 총유출용적에 대한 유출고 R이다.

주의할 조건:
- 각 유량은 하루 평균값이므로 날짜별로 $86{,}400sec$를 곱해야 한다.
- 마지막에는 m를 mm로 환산해야 한다.

사용할 공식

$V = \sum Q_i \Delta t, \qquad R = \frac{V}{A}$

이 공식을 쓰는 이유:
유출고는 총유출용적을 유역면적에 균등하게 나눈 물깊이이므로, 먼저 유량의 시간합으로 총유출용적을 구하고 그 값을 면적으로 나누어야 한다.

NoteBase

계산 과정

1. 6일간 유량의 합은 $91 + 313 + 197 + 97 + 47 + 20 = 765 m^3/sec$이다.
2. 총유출용적은 $V = 765 \times 86{,}400 = 66{,}096{,}000 m^3$이다.
3. 유출고는 $R = \frac{66{,}096{,}000}{3.5 \times 10^9} = 0.01888457 m = 18.88 mm$이다.

선지별 해설

① X
- 계산 결과는 18.88mm이므로 16.88mm는 틀린 수치이다.
- 틀린 수치 16.88mm → 올바르게는 18.88mm이다.
- 이 값은 총유출용적 합산이나 면적 환산을 잘못했을 때 접근하는 오답이다.

② O
- 계산 결과가 18.88mm이므로 옳은 선지이다.
- 6일 유량을 시간에 대해 적분한 뒤 유역면적으로 나눈 값과 정확히 일치한다.

③ X
- 계산 결과는 18.88mm이므로 20.88mm는 과대 계산된 오답이다.
- 틀린 수치 20.88mm → 올바르게는 18.88mm이다.
- 이 값은 총유출용적을 크게 잡거나 단위 변환을 잘못했을 때 나올 수 있다.

④ X
- 계산 결과는 18.88mm이므로 22.88mm는 더 크게 과대 계산된 오답이다.
- 틀린 수치 22.88mm → 올바르게는 18.88mm이다.
- 이 값은 유량 합계와 시간 또는 면적 단위를 함께 잘못 적용했을 때 접근하는 오답이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 일평균유량을 그대로 더한 뒤 끝내는 실수와 $km^2 \rightarrow m^2$, $m \rightarrow mm$ 단위 변환을 빠뜨리는 실수이다. 표의 유량은 유출용적이 아니므로 반드시 시간 $86{,}400 sec$를 곱해 용적으로 바꾼 뒤 면적으로 나누어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

유출고 문제는 유량 자료를 보면 먼저 총유출용적 $V = \sum Q \Delta t$를 만들고, 다음에 $R = V/A$를 적용한 뒤, 마지막에 원하는 길이 단위로 환산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

유출고는 유량합이 아니라 총유출용적을 면적으로 나눈 깊이이며, 계산 순서는 $Q \rightarrow V \rightarrow R$이다.

NoteBase

문 7. Darcy의 공식 $V = ki$에서 투수계수(k)의 변화와 가장 관련이 없는 것은? (단, i는 동수경사, V는 평균유속이다.)

① 공극률
② 토사의 포화도
③ 물의 단위중량
④ 증발률

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Darcy의 공식 $V = ki$에서 투수계수 k가 흙의 공극 구조와 유체 성질의 영향을 받는다는 점을 묻는다.

핵심 개념

투수계수 k는 다공성 매질의 공극 크기·연결성 같은 토질 조건과 물의 성질이 함께 반영된 값이다. 따라서 공극률, 포화도, 물의 단위중량 변화는 k와 관련되지만, 증발률은 매질 자체의 투수 특성을 직접 정의하는 값이 아니다.

선지별 해설

1번 X: 공극률은 흙 속 빈 공간의 크기와 연결 정도를 바꾸므로 물이 흐를 수 있는 통로 조건이 달라진다. 따라서 투수계수 k 변화와 관련된다. 틀린 표현은 이 선택지를 '가장 관련이 없는 것'으로 보는 부분이다. 올바르게는 '공극률은 k에 영향을 주는 대표 요인이다.'이다.
2번 X: 토사의 포화도가 낮아지면 공극 일부를 공기가 차지하여 물이 연속적으로 흐를 수 있는 경로가 줄어든다. 따라서 포화도 변화는 투수 특성과 관련된다. 틀린 표현은 이 선택지를 '가장 관련이 없는 것'으로 보는 부분이다. 올바르게는 '포화도는 유효한 물의 흐름 경로를 바꾸므로 k와 관련된다.'이다.
3번 X: 물의 단위중량은 유체 성질의 일부이므로 투수계수에 반영된다. 같은 매질이라도 유체의 단위중량이나 점성이 바뀌면 k도 달라질 수 있다. 틀린 표현은 이 선택지를 '가장 관련이 없는 것'으로 보는 부분이다. 올바르게는 '물의 단위중량은 k와 관련되는 유체 변수이다.'이다.
4번 O: 증발률은 지표면에서 물이 빠져나가는 경계조건 또는 외부 수문 현상에 가깝다. 증발이 간접적으로 함수상태를 바꿀 수는 있어도, 투수계수 k 자체를 정의하는 직접 변수는 아니다. 따라서 보기들 중 k의 변화와 가장 관련이 없는 것은 4번이다.

오답 포인트

증발률도 물의 이동과 관련된다는 이유로 4번을 망설이기 쉽지만, 이 문제는 '물이 얼마나 움직이느냐'가 아니라 '투수계수 k를 직접 좌우하는 인자'를 묻는다. 공극 구조와 유체 성질은 직접 인자이고, 증발률은 외부 경계조건이라는 점을 구분해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

투수계수 관련 문항은 먼저 '매질의 공극 구조를 바꾸는가'와 '유체 성질을 바꾸는가'를 본다. 둘 중 하나에 해당하면 k와 직접 관련되고, 강우·증발처럼 외부에서 물을 드나들게 하는 현상은 경계조건으로 본다.

암기 포인트

투수계수 k는 공극 구조와 유체 성질의 함수이고, 증발률은 경계조건이다.

NoteBase

문 8. 관수로에서의 마찰손실계수에 대한 설명으로 가장 옳은 것은?

① 마찰손실계수는 유속과 상관이 없다.

② 유속이 작을 때는 점성에 의한 영향보다 관의 조도에 의한 영향을 더 받는다.

③ 층류영역에서는 레이놀즈(Reynolds) 수보다 관의 상대조도에 대한 영향을 더 받는다.

④ 수리학적 거친(Hydraulic rough) 영역에서는 상대조도만의 함수이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 관수로 마찰손실계수 f가 유동 영역에 따라 레이놀즈수와 상대조도의 영향을 어떻게 달리 받는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

층류에서는 $f = 64/Re$이므로 마찰손실계수는 레이놀즈수의 함수이고 점성의 영향이 지배적이다.
천이영역과 일반 난류영역에서는 레이놀즈수와 상대조도가 함께 영향을 준다.
수리학적 거친 영역에서는 조도 돌기가 점성저층의 영향을 사실상 무력화하므로 f는 상대조도 ε/D만의 함수가 된다.

선지별 해설

① X: 층류에서는 $f = 64/Re$이므로 유속이 바뀌어 Re가 달라지면 마찰손실계수도 달라진다. 틀린 표현은 '유속과 상관이 없다'이다. 올바르게는 '층류에서는 유속의 영향을 받고, 수리학적 거친 영역에서만 유속 영향이 거의 사라진다'이다.
② X: 유속이 작을 때는 점성 효과가 상대적으로 크게 작용하므로 관 조도의 영향보다 점성의 영향이 더 크다. 틀린 표현은 '관의 조도에 의한 영향을 더 받는다'이다. 올바르게는 '유속이 작을 때는 점성에 의한 영향을 더 받는다'이다.
③ X: 천이영역에서는 레이놀즈수와 상대조도가 함께 영향을 주므로 상대조도 영향이 더 크다고 단정할 수 없다. 틀린 표현은 '레이놀즈수보다 관의 상대조도에 대한 영향을 더 받는다'이다. 올바르게는 '천이영역에서는 레이놀즈수와 상대조도를 함께 본다'이다.
④ O: 수리학적 거친 영역의 완전 조면 난류에서는 점성 영향이 거의 사라지므로 마찰손실계수는 상대조도만의 함수가 된다.

오답 포인트

②와 ③은 난류이면 항상 조도 지배라고 막연하게 외운 경우를 노린 선지이다. 저유속 구간과 천이영역에서는 점성 또는 레이놀즈수 영향이 여전히 남아 있으므로 유동영역 구분이 먼저이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

마찰손실계수 문제는 먼저 층류, 천이영역, 수리학적 거친 영역으로 나눈다. 층류이면 Re만, 완전 조면 난류이면 상대조도만, 그 사이 영역이면 두 요소를 함께 본다고 판단한다.

암기 포인트

층류는 $64/Re$, 완전 조면 난류는 상대조도만이라는 대비가 핵심이다.

NoteBase

문 9. 폭이 1m이고 높이가 3m인 직사각형 수문이 수면과 접하여 수면 아래 수직으로 설치되어 있다. 정수압의 합력이 작용하는 높이는?

① 수면 아래 1.0m

② 수면 아래 1.5m

③ 수면 아래 2.0m

④ 수면 아래 2.1m

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 수면과 접한 수직 직사각형 수문에 작용하는 정수압 합력의 작용점, 즉 압력중심의 수심을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 폭 1m, 높이 3m인 직사각형 수문이다.
구해야 할 값: 수면 아래 정수압 합력의 작용점 수심이다.
주의할 조건: 수문의 윗변이 수면과 접하므로 도심 수심은 $\bar{y} = 1.5m$이고, 작용점은 도심보다 더 아래에 있다.

사용할 공식

수직 평면에 작용하는 정수압 합력의 작용점은 압력중심 공식 $y_R = \bar{y} + I_G/(\bar{y}A)$로 구한다.
여기서 A는 면적, $\bar{y}$는 도심의 수심, I_G는 자유수면과 평행한 도심축에 대한 단면2차모멘트이다.
이 공식을 쓰는 이유: 정수압은 깊이에 비례하여 증가하므로 합력의 작용점은 단순 도심이 아니라 압력분포를 반영한 압력중심으로 계산해야 한다.

계산 과정

1. 직사각형 수문의 면적은 $A = bh = 1 \times 3 = 3m^2$이다.
2. 도심의 수심은 $\bar{y} = h/2 = 1.5m$이다.
3. 도심축에 대한 단면2차모멘트는 $I_G = bh^3/12 = 1 \times 3^3/12 = 2.25m^4$이다.
4. 압력중심 수심은 $y_R = 1.5 + 2.25/(1.5 \times 3) = 1.5 + 0.5 = 2.0m$이다.

따라서 합력은 수면 아래 2.0m에서 작용한다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 수면 아래 1.0m는 삼각분포의 작용점을 잘못된 방향으로 잡은 값이다. 작용점은 자유수면에서 $h/3$가 아니라 $2h/3$ 지점에 있으므로 틀린 표현은 "수면 아래 1.0m"이고, 올바르게는 "수면 아래 2.0m"이다.
② X: 수면 아래 1.5m는 직사각형 면의 도심 위치일 뿐 정수압 합력의 작용점이 아니다. 깊을수록 압력이 커지므로 작용점은 도심보다 더 아래에 있어야 하며, 올바르게는 "수면 아래 2.0m"이다.
③ O: 계산 결과 압력중심은 수면 아래 2.0m이므로 맞는 선택지이다.
④ X: 수면 아래 2.1m는 정확한 계산값 2.0m보다 과대하게 계산한 값이다. 압력중심 공식에 주어진 값을 대입하면 정확히 2.0m가 나오므로 틀린 표현은 "수면 아래 2.1m"이고, 올바르게는 "수면 아래 2.0m"이다.

오답 포인트

정수압 합력의 크기를 구하는 문제와 작용점을 구하는 문제를 혼동하면 오답이 나온다. 특히 ②처럼 도심 수심 $h/2$를 그대로 답으로 고르거나, ①처럼 삼각분포 작용점의 방향을 반대로 기억하면 쉽게 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

수직 평면 정수압 문제는 먼저 도심 수심을 잡고, 그다음 압력중심 공식 $y_R = \bar{y} + I_G/(\bar{y}A)$ 또는 삼각분포이면 자유수면에서 $2h/3$라는 관계로 판단한다. 작용점은 항상 도심보다 더 아래라는 점을 함께 확인하면 검산이 된다.

암기 포인트

수면에서 시작하는 수직 직사각형의 정수압 작용점은 도심 $h/2$가 아니라 자유수면에서 $2h/3$ 지점이다.

NoteBase

문 10. 총우량이 60mm이고, 최대잠재보유수량이 50mm일 때, 미국의 자연자원보존국(NRCS)에서 개발된 유출곡선지수 방법으로 산정한 유효우량에 가장 가까운 값은?

① 25mm

② 35mm

③ 49mm

④ 83mm

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 NRCS 유출곡선지수 방법의 유효우량 공식을 이용해 직접유출량을 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 총우량 $P = 60mm$, 최대잠재보유수량 $S = 50mm$이다.
구해야 할 값은 유효우량 Q이다.
주의할 조건은 NRCS 방법에서 초기손실을 $I_a = 0.2S$로 두고, $P > I_a$일 때만 유효우량 공식을 적용한다는 점이다.

사용할 공식

유효우량은 $Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$ 로 계산한다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 NRCS가 개발한 유출곡선지수 방법과 최대잠재보유수량 S를 직접 제시했기 때문이다.

계산 과정

1. 초기손실은 $I_a = 0.2S = 0.2 \times 50 = 10mm$이다.
2. 총우량 $60mm$가 초기손실 $10mm$보다 크므로 유효우량이 발생한다.
3. 공식에 대입하면 $Q = \frac{(60 - 10)^2}{60 + 40} = \frac{50^2}{100} = 25mm$ 이다.

선지 판단

1번 O: 계산 결과 유효우량은 25mm이므로 옳다.
2번 X: 틀린 표현은 "유효우량이 35mm이다"라는 부분이다. 올바르게는 "유효우량은 25mm이다"이다.
3번 X: 틀린 표현은 "유효우량이 49mm이다"라는 부분이다. 올바르게는 "유효우량은 25mm이다"이다.
4번 X: 틀린 표현은 "유효우량이 83mm이다"라는 부분이다. 올바르게는 "유효우량은 25mm이다"이다.

NoteBase

오답 포인트

초기손실 $0.2S$를 빼지 않거나 분모의 $P + 0.8S$를 잘못 처리하면 큰 값이 나와 오답으로 흐르기 쉽다. 총우량과 유효우량을 같은 값으로 보는 착오도 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

NRCS 계산형은 P, S, $0.2S$를 먼저 정리한 뒤 $P > I_a$인지 확인하고, 그다음 $Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$에 그대로 대입해 검산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

NRCS 유효우량은 먼저 $I_a = 0.2S$를 확인하고, 이후 $Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$로 계산한다.

NoteBase

문 11. 홍수추적법 중에서 Clark의 유역추적법에 의한 유출량 산정식인 $Q_2 = (M_0 + M_1)I + M_2Q_1$를 이용하여 유역면적 A이 $10km^2$인 구간에서의 유출량 Q_2를 구할 경우 가장 가까운 값은? (단, 저류상수 K는 3.5시간, 추적시간간격 Δt은 1시간, 이전 유입량 Q_1은 $4m^3/sec$로 가정한다.)

① $6.95m^3/sec$

② $9.95m^3/sec$

③ $12.95m^3/sec$

④ $21.85m^3/sec$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 Clark의 저류추적식에서 $M_0 + M_1$과 M_2를 구한 뒤, 단위유효우량 1cm에 해당하는 유입량 I를 적용하여 다음 시각의 유출량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 유역면적 10km^2, 저류상수 $K = 3.5$시간, 추적시간간격 $\Delta t = 1$시간, 이전 유출량 $Q_1 = 4m^3/sec$이다.
Clark의 식 $Q_2 = (M_0 + M_1)I + M_2Q_1$를 적용해야 한다.
단위유효우량 1cm가 1시간 동안 10km^2에 작용한 유입량은 $I = 27.78m^3/sec$이다.

사용할 공식

Clark 저류추적에서 일정한 시간간격의 유입량이 같으면
$M_0 + M_1 = \frac{2\Delta t}{2K + \Delta t}, \qquad M_2 = \frac{2K - \Delta t}{2K + \Delta t}$
이다.
따라서
$M_0 + M_1 = \frac{2 \times 1}{2 \times 3.5 + 1} = \frac{2}{8} = 0.25, \qquad M_2 = \frac{7 - 1}{8} = 0.75$
이다.
이 식을 쓰는 이유는 문제에서 Clark의 유역추적법 유출량 산정식을 직접 제시했고, 저류상수와 시간간격도 함께 주어졌기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 단위유효우량 1cm를 유량으로 바꾸면 $10km^2 \times 0.01m = 100{,}000m^3$이다.
2. 이를 1시간 $= 3600sec$으로 나누면 $I = 100{,}000/3600 = 27.78m^3/sec$이다.
3. 식에 대입하면

$Q_2 = 0.25 \times 27.78 + 0.75 \times 4 = 6.9445 + 3 = 9.9445m^3/sec$

이므로 $Q_2 \approx 9.95m^3/sec$이다.

선지별 해설

1번 X: 6.95 m^3/sec는 계산 결과와 맞지 않는다. $M_0 + M_1$에 의한 유입량 기여분과 M_2Q_1를 모두 합하면 약 9.95가 되어야 한다. 틀린 수치 6.95 대신 올바른 값은 9.95 m^3/sec이다.

2번 O: $Q_2 \approx 9.9445m^3/sec$이므로 반올림하면 9.95 m^3/sec가 된다. 제시된 값과 일치한다.

3번 X: 12.95 m^3/sec는 유입량 I를 과대 계산하거나 계수를 잘못 적용한 값이다. Clark 식의 올바른 계산값은 9.95 m^3/sec이다.

4번 X: 21.85 m^3/sec는 저류감쇠를 거의 반영하지 않거나 유입량 자체를 잘못 해석한 값이다. 이 문항의 올바른 유출량은 9.95 m^3/sec이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 1cm 유효우량을 유량으로 바꾸는 단위변환을 놓치거나, $M_0 + M_1$을 하나의 계수로 보지 않고 일부만 적용하는 점이다. K와 Δt로 계수를 먼저 구한 뒤 유입량 환산을 해야 값이 안정된다.

다시 나오면 이렇게 판단

Clark 계산형 문항은 유효우량을 먼저 유량으로 환산하고, 다음에 $M_0 + M_1$과 M_2를 계산한 뒤, 마지막에 이전 유출량 항 M_2Q_1까지 더하는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

Clark 저류추적은 유입량 환산 후 $Q_2 = (M_0 + M_1)I + M_2Q_1$에 대입하는 구조이며, 1cm가 1시간 동안 1km^{2}에 내리면 약 2.78 m^3/sec이다.

NoteBase

문 12. 평균강수량의 산정방법에 해당하지 않는 것은?

① 역거리법

② 등우선법

③ 산술평균법

④ 티센다각형법

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 유역평균강수량 산정법과 지점강우의 공간보간 기법을 구별할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

역거리법은 관측지점 값을 거리의 역수 가중으로 보간하여 미계측 지점의 값을 추정하는 방법이다.
등우선법은 유역 내 등우선을 그리고 면적가중으로 평균강수량을 구하는 방법이다.
산술평균법은 각 우량관측소 강수량의 단순평균으로 유역평균강수량을 구하는 방법이다.
티센다각형법은 각 관측소의 지배면적을 구해 면적가중 평균으로 유역평균강수량을 산정하는 방법이다.

선지별 해설

1번: X. 역거리법은 유역평균강수량의 대표적 산정법이 아니라 관측점 사이의 공간보간에 쓰는 방법이다. 틀린 표현은 평균강수량의 산정방법에 포함시킨 점이다. 올바르게는 미계측 지점 강우량 추정 또는 공간분포 보간기법으로 본다.
2번: O. 등우선법은 같은 강우량을 잇는 선을 이용해 유역을 구분하고 각 구역의 면적을 반영해 평균강수량을 구하므로 평균강수량 산정법에 해당한다.
3번: O. 산술평균법은 관측소가 유역에 비교적 고르게 분포하고 강우의 공간변화가 크지 않을 때 각 지점 강우량의 단순평균으로 평균강수량을 구하는 기본 방법이다.
4번: O. 티센다각형법은 각 우량관측소에 대응하는 다각형 면적 비율을 가중치로 사용하므로 유역평균강수량 산정법에 해당한다.

오답 포인트

역거리법도 여러 관측소 값을 함께 사용하므로 평균강수량 산정법처럼 보이기 쉽다. 그러나 핵심은 유역 전체 평균을 구하는지, 미계측 한 지점의 값을 거리 가중으로 추정하는지의 차이이다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지의 방법이 유역 전체에 대한 대표 평균을 구하는 절차인지, 아니면 특정 지점의 값을 주변 관측치로 보간하는 절차인지를 먼저 구분하면 바로 판단할 수 있다.

NoteBase

암기 포인트

평균강수량은 산술평균법·티센다각형법·등우선법이고, 역거리법은 공간보간이다.

NoteBase

문 13. 레이놀즈(Reynolds) 수에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 상한계유속은 난류에서 층류로 변할 때의 유속이다.

② 층류는 유선이 교차하지 않고 평행한 흐름이다.

③ 층류저층은 관벽이나 수로바닥 부근에서 발생하는 흐름이다.

④ 관성력을 점성력으로 나눈 것이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 레이놀즈수의 의미와 임계유속, 층류, 층류저층의 정의를 정확히 구별하는지를 묻는다.

핵심 개념

레이놀즈수는 유체에서 관성력과 점성력의 상대적 크기를 나타내는 무차원수이다.
상한계유속은 층류가 난류로 바뀌기 시작하는 임계 유속이다.
하한계유속은 난류가 다시 층류로 돌아가는 임계 유속이다.
층류저층은 난류 상태에서도 관벽이나 수로바닥 바로 근처에 남아 있는 얇은 층류성 영역이다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 "난류에서 층류로 변할 때"이다. 상한계유속은 층류가 불안정해져 난류로 넘어가기 시작하는 유속이다. 난류에서 층류로 변할 때의 유속은 하한계유속으로 고쳐야 한다.
2번: O. 층류는 유체 입자가 질서 있게 움직이며 유선이 서로 교차하지 않고 대체로 평행하게 유지되는 흐름이다.
3번: O. 층류저층은 관벽이나 수로바닥 부근에서 점성의 영향이 커서 형성되는 얇은 층류성 흐름층을 말하므로 설명이 옳다.
4번: O. 레이놀즈수는 관성력을 점성력으로 나눈 비로 이해하며, 이 값의 크기로 층류와 난류의 경향을 판단한다.

오답 포인트

상한계유속과 하한계유속의 전이 방향을 서로 바꾸면 틀리기 쉽다. 또한 층류저층은 전체 흐름이 층류라는 뜻이 아니라 난류 속 벽면 근처의 국소적 층류 영역이라는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

레이놀즈수 문제는 먼저 레이놀즈수가 관성력 대 점성력의 비인지 확인하고, 임계유속은 전이 방향을 기준으로 상한은 층류→난류, 하한은 난류→층류로 구분하면 판단이 정리된다.

암기 포인트

레이놀즈수는 관성력/점성력, 상한계유속은 층류→난류, 하한계유속은 난류→층류이다.

NoteBase

문 14. 제트스키 후미에 수평으로 설치한 노즐에서 30m/sec의 속도로 초당 200l의 물을 분출할 때 제트스키를 묶어 둔 로프에 가해지는 힘은?

① $203kg_f$

② $436kg_f$

③ $612kg_f$

④ $804kg_f$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 노즐에서 분출되는 물의 운동량 변화로부터 제트스키에 작용하는 반력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 분출 속도 30m/s, 유량 초당 200 l
구해야 할 값: 로프에 가해지는 힘
주의할 조건: 200l/s는 $0.2m^3/s$로 바꾸고, 물의 밀도는 $1000kg/m^3$로 본다.

사용할 공식

반력의 크기는 단위시간당 운동량 변화량이므로 $F = \dot{m}V = \rho QV$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 정지해 있는 제트스키 후미 노즐에서 물이 한 방향으로 분출되므로, 물이 나가면서 생기는 운동량 유출만큼 반대방향 힘이 선체와 로프에 작용하기 때문이다.

계산 과정

1. 유량을 m^3/s로 바꾸면 $Q = 200l/s = 0.2m^3/s$이다.
2. 질량유량은 $\dot{m} = \rho Q = 1000 \times 0.2 = 200kg/s$이다.
3. 반력은 $F = \dot{m}V = 200 \times 30 = 6000N$이다.
4. 이를 중량단위로 바꾸면 $6000/9.8 \approx 612kg_f$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 로프에 가해지는 힘을 203 kgf로 본 수치가 틀리다. 운동량 방정식으로 계산한 값은 약 612 kgf이므로, 올바르게는 612 kgf 정도가 되어야 한다.
2번 X: 436 kgf는 계산 결과와 맞지 않는다. 유량을 $0.2 m^3/s$로 바꾸고 $F = \rho Q V$를 적용하면 올바른 값은 약 612 kgf이다.
3번 O: $F = \rho Q V = 1000 \times 0.2 \times 30 = 6000 N$이고, 이는 약 612 kgf이므로 맞다.
4번 X: 804 kgf는 지나치게 큰 값이다. 이 문제의 반력은 약 612 kgf이므로, 올바른 수치는 804 kgf가 아니라 612 kgf이다.

오답 포인트

리터를 바로 질량유량으로 쓰거나, N을 kg_f로 바꾸는 마지막 단계를 빼먹으면 오답이 된다. 이 문제의 함정은 유량 단위 변환과 운동량식을 힘으로 연결하는 단계이다.

다시 나오면 이렇게 판단

분출류가 나오면 먼저 Q를 m^3/s로 바꾸고, 다음에 ρQ로 질량유량을 만든 뒤, 마지막에 속도를 곱해 반력을 구하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

분출 제트의 반력은 $F = \rho Q V$이고, 계산 뒤 $N \rightarrow kg_f$ 변환까지 해야 보기와 바로 비교할 수 있다.

NoteBase

문 15. 질량[M], 길이[L], 시간[T] 및 힘[F]이라 할 때 차원이나 단위에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 힘 [F]의 차원은 [MLT^{-2}]이다.

② 점성계수의 단위는 kg/m · sec^2이다.

③ 비중(specific gravity)은 무차원이다.

④ 밀도(density)의 단위는 kgf · sec^2/m^4이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 힘을 포함한 차원계에서 차원식과 단위를 서로 변환할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

힘은 $F = MLT^{-2}$이므로 $M = FT^2/L$로 바꿀 수 있다.
점성계수 μ의 단위는 $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$이고, 비중은 같은 체적의 물에 대한 비라서 무차원이다.
밀도는 M/L^3이므로 힘 단위를 쓰면 FT^2/L^4가 된다.

선지별 해설

1번: O. 힘은 $F = ma$이므로 차원은 $M \cdot LT^{-2}$, 즉 [MLT^{-2}]이다.
2번: X. 틀린 표현은 sec의 차수가 2로 적힌 부분이다. 점성계수의 단위는 $kg/(m \cdot s)$ 또는 $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$이며, sec^2가 들어가지 않는다.
3번: O. 비중은 어떤 물질의 밀도를 기준 물질인 물의 밀도로 나눈 값이므로 단위가 없는 무차원량이다.
4번: O. 밀도는 $\rho = M/L^3$이다. 여기서 $M = FT^2/L$를 대입하면 $\rho = FT^2/L^4$이므로 단위는 $kgf \cdot sec^2/m^4$가 맞다.

오답 포인트

점성계수와 동점성계수를 혼동하면 단위를 잘못 고르기 쉽다. 점성계수는 힘과 전단속도를 연결하는 양이라 s^{-1}가 들어가고, 비중은 비율이라 무차원이라는 점을 함께 묻는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

차원 문제는 먼저 정의식 하나를 세운 뒤 기본 차원으로 치환하면 된다. 비중처럼 같은 종류의 양을 나눈 비는 무차원인지 먼저 확인하고, 단위가 의심되면 지수의 부호와 차수를 다시 대입해 본다.

암기 포인트

힘은 [MLT^{-2}], 점성계수는 $kg/(m \cdot s)$, 비중은 무차원, 밀도는 질량/체적이다.

NoteBase

문 16. 수력발전댐에서 $40.0\text{m}^3/\text{sec}$의 물이 터빈을 통과하여 2.0m/sec의 속도로 대기로 방출되고 있다. 수압관과 터빈에서의 에너지 손실은 25.0m이고 에너지 보정계수를 1.5라고 가정했을 경우 터빈에 의한 동력은? (단, 대기로 방출되는 관의 높이와 댐 저수위의 차는 120m이고, 중력가속도는 10.0m/sec^2, 물의 단위중량은 $1.0\text{ton}_f/\text{m}^3$이라 가정한다.)

① 37.40MW

② 37.76MW

③ 37.88MW

④ 38.69MW

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 저수지 수면과 방류구 사이의 에너지 방정식으로 터빈수두를 구한 뒤 $P = \gamma Q H_t$로 수력발전 동력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 유량 $Q = 40.0 m^3/s$, 방류속도 $V = 2.0 m/s$, 손실수두 $h_L = 25.0 m$, 에너지 보정계수 $\alpha = 1.5$, 총낙차 $z_1 - z_2 = 120 m$, 중력가속도 $g = 10.0 m/s^2$, 물의 단위중량 $\gamma = 1.0 ton_f/m^3 = 10{,}000 N/m^3$이다.
구해야 할 값은 터빈에 의한 동력이다.
주의할 조건은 저수지 수면과 방류구가 모두 대기압 상태이므로 압력수두는 상쇄되고, 출구 속도수두 $\alpha V^2/(2g)$와 손실수두를 총낙차에서 차감해야 한다는 점이다.

사용할 공식

터빈이 회수하는 수두는 $H_t = (z_1 - z_2) - h_L - \alpha\frac{V^2}{2g}$ 이고, 동력은 $P = \gamma Q H_t$ 이다. 이 공식을 쓰는 이유는 저수면의 위치에너지에서 손실수두와 방류 시 남는 속도에너지를 제외한 부분이 터빈이 실제로 회수한 에너지이기 때문이다.

계산 과정

1. 출구 속도수두는 $\alpha\frac{V^2}{2g} = 1.5 \times \frac{(2.0)^2}{2 \times 10.0} = 0.3 m$ 이다.
2. 터빈수두는 $H_t = 120 - 25.0 - 0.3 = 94.7 m$ 이다.
3. 터빈 동력은 $P = \gamma Q H_t = 10{,}000 \times 40.0 \times 94.7 = 37{,}880{,}000 W = 37.88 MW$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산된 동력은 37.88MW이므로 37.40MW는 맞지 않는다. 속도수두 항을 과대 차감하거나 수두 정리를 잘못하면 이런 작은 값이 나온다. 틀린 진술은 '동력이 37.40MW이다'이고, 고치면 '동력이 37.88MW이다'가 된다.
② X: 계산된 동력은 37.88MW이므로 37.76MW는 맞지 않는다. $\alpha V^2/(2g)$ 대신 $\alpha V^2/g$처럼 속도수두를 두 배로 차감하면 비슷한 오답이 나온다. 틀린 진술은 '동력이 37.76MW이다'이고, 고치면 '동력이 37.88MW이다'가 된다.
③ O: 총낙차 120m에서 손실수두 25.0m와 출구 속도수두 0.3m를 빼면 터빈수두가 94.7m가 된다. 여기에 γQ를 곱하면 37.88MW가 되므로 옳다.
④ X: 계산된 동력은 37.88MW이므로 38.69MW는 맞지 않는다. 손실수두나 출구 속도수두를 충분히 빼지 않거나 부호를 반대로 두면 실제보다 큰 값이 나온다. 틀린 진술은 '동력이 38.69MW이다'이고, 고치면 '동력이 37.88MW이다'가 된다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 총낙차 120m를 바로 동력식에 넣는 데 있지 않고, 손실수두 25.0m와 출구 속도수두 0.3m를 먼저 차감해야 한다는 점에 있다. 에너지 보정계수 1.5는 전체 낙차가 아니라 출구 속도수두 항에만 곱해진다.

다시 나오면 이렇게 판단

수력 계산형은 먼저 저수면과 방류구 사이에 에너지 방정식을 세워 터빈수두를 구한 뒤, 그 값을 $P = \gamma Q H$에 넣는 순서로 판단한다. 대기압 항은 상쇄되고 남는 것은 위치수두 차, 손실수두, 속도수두의 부호라는 점을 확인하면 된다.

암기 포인트

수력발전 동력은 '총낙차에서 손실수두와 출구 속도수두를 뺀 유효낙차'에 γQ를 곱한 값이다.

NoteBase

문 17. 물의 순환에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 증발(evaporation)이란 식물의 엽면을 통해 지중의 물이 수증기의 형태로 대기 중에 방출되는 현상이다.

② 침투(infiltration)란 강수가 지표면에 떨어진 후 지표면을 통해 토양 속으로 이동하는 것이다.

③ 침루(percolation)란 토양면을 통해 스며든 물이 중력에 의해 계속 지하로 이동하여 불투수층까지 도달하는 것이다.

④ 강수(precipitation)란 구름이 응축되어 지상으로 떨어지는 모든 형태의 수분을 말한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 물의 순환 과정에서 증발, 증산, 침투, 침루, 강수의 정의를 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

증발은 자유수면이나 토양 표면의 물이 수증기로 바뀌어 대기로 이동하는 현상이다.
증산은 식물의 엽면, 특히 기공을 통해 식물체 내 수분이 수증기 형태로 대기 중으로 방출되는 현상이다.
침투는 강수가 지표면에서 토양 내부로 스며드는 과정이다.
침루는 침투한 물이 중력에 의해 더 깊은 토층이나 지하수 쪽으로 계속 이동하는 과정이다.
강수는 대기 중 수증기가 응결 또는 승화되어 비, 눈, 우박 등의 형태로 지표에 떨어지는 현상이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
식물의 엽면을 통해 물이 대기로 방출된다는 설명은 증발이 아니라 증산의 정의이다.
틀린 표현은 "증발"이다.
올바르게는 "증산이란 식물의 엽면을 통해 지중의 물이 수증기 형태로 대기 중에 방출되는 현상이다"가 된다.

② O
강수가 지표면에 도달한 뒤 지표면을 통해 토양 속으로 들어가는 과정은 침투의 정의와 일치한다.
지표면 통과 후 토양 내부로 들어간다는 점이 핵심이다.

③ O
토양에 스며든 물이 중력의 작용으로 더 깊은 지하 방향으로 이동하는 과정은 침루에 해당한다.
침투 이후의 연직 하향 이동을 설명하고 있으므로 핵심 개념은 맞다.

④ O
강수는 대기 중에서 형성된 수분이 비, 눈, 우박 등 여러 형태로 지표에 떨어지는 현상을 말한다.
"지상으로 떨어지는 모든 형태의 수분"이라는 설명이 강수의 본질에 부합한다.

오답 포인트

1번은 증발과 증산을 의도적으로 바꿔 놓은 선지이다. 식물의 엽면이나 기공이 나오면 증산을 먼저 떠올려야 하며, 자유수면이나 토양 표면에서 바로 기화되면 증발이다.

다시 나오면 이렇게 판단

물순환 용어 문제는 물이 어디에서 어디로 이동하는지를 먼저 본다. 식물체를 통하면 증산, 지표면에서 토양 내부로 들어가면 침투, 토양 내부에서 더 깊이 내려가면 침루, 대기에서 지표로 떨어지면 강수로 판단한다.

암기 포인트

엽면은 증산, 지표 진입은 침투, 지중 하강은 침루, 대기 낙하는 강수이다.

NoteBase

문 18. 사각형 수로에서 흐름이 사류에서 상류로 전환되면서 도수(hydraulic jump)가 발생하였다. 도수 후의 수심이 도수 전에 비하여 4m가 증가하였으며, 도수 전에 12.2m/sec이던 유속은 도수 후에 9.8m/sec 만큼 감소하여 2.4m/sec가 되었다. 도수로 인한 에너지 손실 ΔE에 가장 가까운 것은? (단, 중력가속도 $g \div 9.8\text{m/sec}^2$이다.)

① 3.3m

② 1.3m

③ 11.3m

④ 6.7m

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 도수 전후의 비에너지 차 $E = y + \frac{v^2}{2g}$를 이용해 에너지 손실량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 도수 전 유속 12.2m/sec, 도수 후 유속 2.4m/sec, 수심 증가는 4m이다.
구해야 할 값: 도수로 인한 에너지 손실 ΔE이다.
주의할 조건: 에너지 손실은 속도수두 감소분에서 수심 증가분을 뺀 비에너지 차로 계산한다.

사용할 공식

비에너지는 $E = y + \frac{v^2}{2g}$ 이므로 도수에 의한 에너지 손실은 $\Delta E = E_1 - E_2 = (y_1 + \frac{v_1^2}{2g}) - (y_2 + \frac{v_2^2}{2g})$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 도수 전후의 수심과 유속이 함께 주어졌으므로 수로 단위폭당 비에너지의 감소량을 직접 구할 수 있다.

계산 과정

도수 후 수심은 $y_2 = y_1 + 4$ 이다.
속도수두는 도수 전 $\frac{12.2^2}{2 \times 9.8} = \frac{148.84}{19.6} = 7.6m$, 도수 후 $\frac{2.4^2}{2 \times 9.8} = \frac{5.76}{19.6} \approx 0.3m$ 이다.
따라서 $\Delta E = (y_1 + 7.6) - ((y_1 + 4) + 0.3) = 7.6 - 4.3 = 3.3m$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 O: 계산 결과 에너지 손실은 3.3m이므로 옳다.
2번 X: 1.3m가 아니라 3.3m이다. 수심 증가 4m를 잘못 처리하거나 속도수두 차를 빼는 과정에서 오산하면 이런 값에 가까워진다.
3번 X: 11.3m가 아니라 3.3m이다. 수심 증가분 4m를 빼지 않고 오히려 더하면 실제보다 크게 계산된다.
4번 X: 6.7m가 아니라 3.3m이다. 도수 전후 속도수두 차 7.3m에서 수심 증가 4m를 정확히 차감해야 하는데, 차감량을 잘못 적용하면 오답이 된다.

오답 포인트

도수 문제에서는 유속이 줄어들어 속도수두가 감소하지만 수심은 증가한다. 속도수두 감소분만 보고 답을 고르거나, 수심 증가 4m를 더해야 할 값으로 착각하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

도수 계산형 문제는 먼저 비에너지 식 $E = y + \frac{v^2}{2g}$를 세우고, 다음에 도수 전후의 수심 변화와 속도수두 변화를 각각 반영해 $E_1 - E_2$를 계산하면 된다.

암기 포인트

도수의 에너지 손실은 비에너지 감소량이며, 속도수두 감소분에서 수심 증가분을 함께 반영해야 한다.

NoteBase

문 19. 등류 상태의 개수로 흐름에서 바닥전단응력을 Manning 공식을 이용해서 표현한 것으로 가장 옳은 것은? (단, τ_b=바닥전단응력, w=물의 단위중량, n=조도계수, V=평균유속, R_h=동수반경이다.)

① $\tau_b = \frac{wnV^2}{R_h^{1/3}}$
② $\tau_b = \frac{wn^2V^2}{R_h^{1/3}}$
③ $\tau_b = \frac{wnV^2}{R_h^{2/3}}$
④ $\tau_b = \frac{wn^2V^2}{R_h^{2/3}}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 Manning 평균유속식과 등류 개수로의 바닥전단응력식 $\tau_b = wR_hS$를 결합해 τ_b를 w, n, V, R_h로 나타내는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 w, n, V, R_h이다.
구해야 할 값은 바닥전단응력 τ_b이다.
등류 조건이므로 경사 S를 Manning 식으로 소거한 뒤 전단응력식에 대입하면 된다.

사용할 공식

$V = \frac{1}{n}R_h^{2/3}S^{1/2}$, $\tau_b = wR_hS$이다.
Manning 식에서 $S = \frac{n^2V^2}{R_h^{4/3}}$를 만든 뒤 $\tau_b = wR_hS$에 대입하면 보기의 n 차수와 R_h 지수를 바로 판별할 수 있다.

계산 과정

$V = \frac{1}{n}R_h^{2/3}S^{1/2}$
$S^{1/2} = \frac{nV}{R_h^{2/3}}$
$S = \left(\frac{nV}{R_h^{2/3}}\right)^2 = \frac{n^2V^2}{R_h^{4/3}}$
$\tau_b = wR_hS = wR_h \cdot \frac{n^2V^2}{R_h^{4/3}} = \frac{wn^2V^2}{R_h^{1/3}}$
따라서 바닥전단응력은 $\tau_b = \frac{wn^2V^2}{R_h^{1/3}}$이다.

선지 판단

1번 X: $\tau_b = \frac{wnV^2}{R_h^{1/3}}$로 되어 있어 n의 차수가 1차로 부족하다. 틀린 표현은 n이고, 올바르게는 n^2이어야 한다.
2번 O: $\tau_b = \frac{wn^2V^2}{R_h^{1/3}}$로 유도식과 정확히 일치한다.
3번 X: $\tau_b = \frac{wnV^2}{R_h^{2/3}}$로 되어 있어 n의 차수도 1차로 부족하고 R_h의 지수도 잘못되었다. 틀린 표현은 n과 $R_h^{2/3}$이고, 올바르게는 n^2와 분모 $R_h^{1/3}$이다.
4번 X: $\tau_b = \frac{wn^2V^2}{R_h^{2/3}}$로 되어 있어 R_h의 지수만 잘못되었다. 틀린 표현은 분모 $R_h^{2/3}$이고, 올바르게는 분모 $R_h^{1/3}$이다.

NoteBase

오답 포인트

Manning 식에서 $R_h^{2/3}$가 들어간다고 해서 전단응력식에서도 그대로 $R_h^{2/3}$가 남는다고 생각하면 틀린다. S를 제곱해 구하는 과정에서 $R_h^{4/3}$가 생기고, 여기에 $\tau_b = wR_hS$의 R_h가 한 번 더 곱해져 최종적으로 분모는 $R_h^{1/3}$이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

등류 개수로에서 전단응력을 묻는 문제는 먼저 $\tau_b = wR_hS$를 쓰고, 주어진 유속식으로 S를 정리해 대입하는 순서로 판단한다. 이때 n은 제곱되고 R_h 지수는 2/3를 제곱한 뒤 앞의 R_h와 합쳐 최종 1/3으로 정리된다.

암기 포인트

Manning 식 $V = \frac{1}{n}R_h^{2/3}S^{1/2}$와 $\tau_b = wR_hS$를 결합하면 $\tau_b = \frac{wn^2V^2}{R_h^{1/3}}$가 된다.

NoteBase

문 20. 폭이 2m, 높이가 2m인 정사각형 관로에 물이 가득차서 연장 20m를 흐르는 동안에 물과 관로 벽 사이의 평균마찰응력이 50kg/m^2이었다면 이 구간에서의 손실수두에 가장 가까운 것은? (단, 유체의 단위중량은 $1,000\text{kg/m}^3$이다.)

① 0.5m

② 1.0m

③ 2.0m

④ 4.0m

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 관로 벽의 평균마찰응력과 수리반지름의 관계를 이용해 손실수두를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 폭 2m, 높이 2m, 연장 20m, 평균마찰응력 $\tau_0 = 50 kg/m^2$, 유체의 단위중량 $\gamma = 1{,}000 kg/m^3$이다.
구해야 할 값은 이 구간의 손실수두 h_f이다.
정사각형 관로가 가득 찼으므로 단면적은 $A = 2 \times 2 = 4m^2$, 윤변은 $P = 2 + 2 + 2 + 2 = 8m$, 수리반지름은 $R = A/P = 0.5m$이다.

사용할 공식

사용 공식은 $\tau_0 = \gamma RS$, $S = h_f/L$이다.
같은 식을 손실수두에 대해 정리하면 $h_f = \tau_0 L/(\gamma R)$ 또는 $h_f = \tau_0 PL/(\gamma A)$가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 관 벽과 물 사이의 평균마찰응력과 관로 길이가 직접 주어졌기 때문이다.

계산 과정

수리반지름은 $R = A/P = 4/8 = 0.5m$이다.
따라서 손실수두는
$h_f = \frac{\tau_0 L}{\gamma R} = \frac{50 \times 20}{1{,}000 \times 0.5} = \frac{1{,}000}{500} = 2.0m$
이다.
같은 내용을 $h_f = \tau_0 PL/(\gamma A)$로 계산해도 $h_f = 50 \times 8 \times 20/(1{,}000 \times 4) = 2.0m$로 같다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과 손실수두는 $2.0m$이므로 0.5m는 틀리다. 손실수두는 0.5m가 아니라 2.0m이다. 이 값은 수리반지름을 $0.5m$가 아니라 관 한 변인 2m로 잘못 넣었을 때 나오는 오답에 가깝다.
② X: 계산 결과와 맞지 않는다. 손실수두는 1.0m가 아니라 2.0m이다. 이 값은 사방이 모두 젖는 관로인데 윤변을 절반만 잡는 식으로 마찰면적을 과소평가했을 때 생기기 쉬운 오답이다.
③ O: $h_f = 2.0m$이므로 정답이다. 정사각형 만수관에서는 $A = 4m^2$, $P = 8m$, $R = 0.5m$를 정확히 넣으면 바로 이 값이 나온다.
④ X: 계산 결과보다 큰 값이다. 손실수두는 4.0m가 아니라 2.0m이다. 이 값은 수리반지름이나 마찰작용 길이를 중복 반영해 손실을 두 배로 잡았을 때 생기기 쉬운 오답이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 만수 관로의 수리반지름을 단순한 폭이나 높이로 착각하는 점이다. 정사각형 관로는 네 면이 모두 젖으므로 윤변을 8m로 잡아야 하며, $R = A/P$를 먼저 구하지 않으면 0.5m, 1.0m, 4.0m 같은 오답으로 쉽게 흐른다.

다시 나오면 이렇게 판단

관 벽의 전단응력으로 손실수두를 묻는 문제는 먼저 A, P, $R = A/P$를 정리한 뒤 $\tau_0 = \gamma RS$에 넣어 계산한다. 만수 관로에서는 몇 면이 실제로 젖는지부터 확인하면 오답을 크게 줄일 수 있다.

암기 포인트

벽면전단응력 문제는 $\tau_0 = \gamma RS$, 손실수두는 $h_f = SL$, 수리반지름은 $R = A/P$이다.

NoteBase