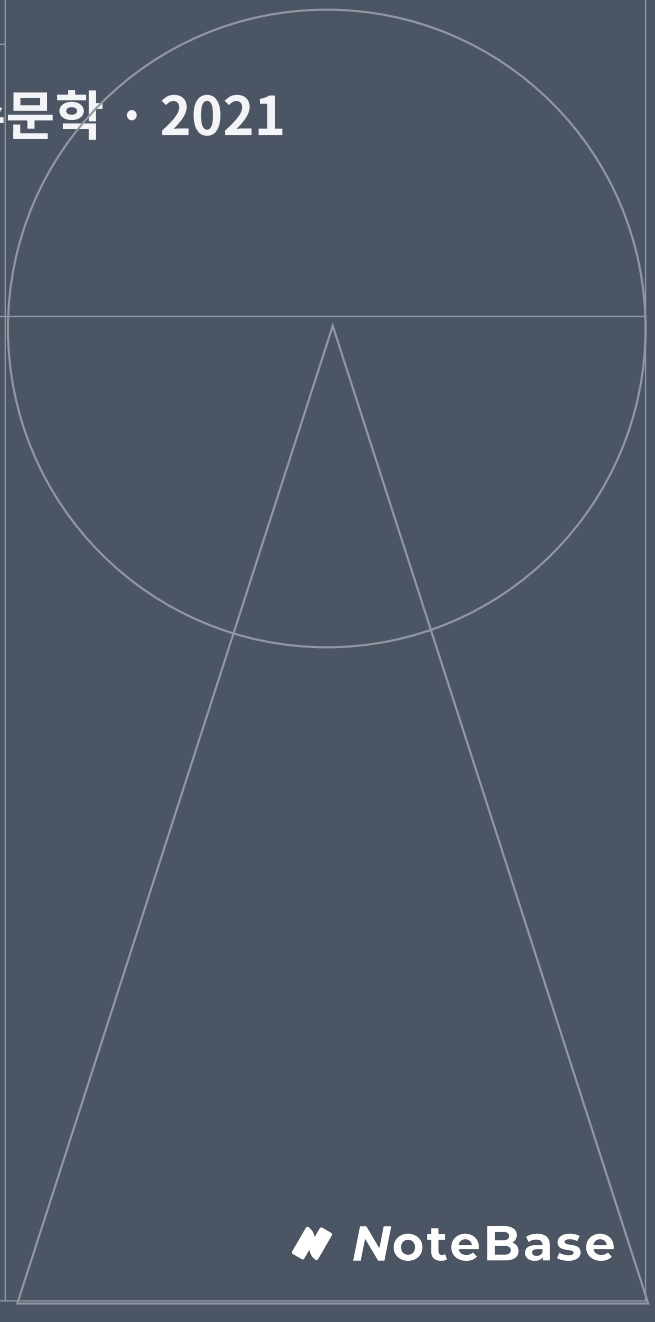
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 수리수문학 · 2021



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 수리수문학 · 2021

공무원/지방직/7급 · 수리수문학 · 2021

문 1. 수심 5m의 하천단면에서 수심에 따른 유속이 다음 표와 같을 때 이 지점의 평균 유속[m/sec]은? (단, 3점법을 이용하여 구한다)

수심(m)	1	2	3	4
유속(m/sec)	2.1	1.9	1.8	1.0

① 1.55

② 1.68

③ 1.80

④ 1.95

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 하천 수직선의 3점법을 이용하여 평균 유속을 구하는 문제이다.

조건 정리

전체 수심은 $D = 5m$이다.
3점법의 관측 위치는 수면에서 $0.2D$, $0.6D$, $0.8D$인 지점이다.
따라서 사용할 유속은 수심 $1m$, $3m$, $4m$에서의 $2.1m/s$, $1.8m/s$, $1.0m/s$이다. 수심 $2m$의 유속 $1.9m/s$는 3점법 계산에 사용하지 않는다.

사용할 공식

3점법의 평균 유속 공식은 다음과 같다.

$$\bar{v} = \frac{v_{0.2D} + 2v_{0.6D} + v_{0.8D}}{4}$$

중간 지점인 $0.6D$의 유속에 가중치 2를 주어 수직선의 평균 유속을 근사하는 공식이므로 이 문제에 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 관측 수심을 구하면 $0.2D = 1m$, $0.6D = 3m$, $0.8D = 4m$이다.
2. 표에서 해당 유속을 대입한다.

$\bar{v} = \frac{2.1 + 2(1.8) + 1.0}{4}$

3. 계산하면 다음과 같다.

$\bar{v} = \frac{6.7}{4} = 1.675 m/s \approx 1.68 m/s$

따라서 평균 유속은 $1.68 m/s$이다.

선지 판단

① X — $1.55 m/s$는 $0.2D$와 $0.8D$의 유속만 단순 평균한 값 $(2.1 + 1.0)/2$이다. 3점법에서는 $0.6D$의 유속도 가중하여야 하므로 올바른 값은 $1.68 m/s$이다.

② O — 3점법으로 계산한 $1.675 m/s$를 소수 둘째 자리까지 반올림하면 $1.68 m/s$이다.

③ X — $1.80 m/s$는 $0.6D$ 지점의 유속일 뿐 수직선 전체의 평균 유속이 아니다. 3점법의 가중평균을 적용하면 $1.68 m/s$이다.

④ X — $1.95 m/s$는 $0.2D$와 $0.6D$의 유속만 단순 평균한 값 $(2.1 + 1.8)/2$이다. $0.8D$ 지점까지 포함한 3점법의 값은 $1.68 m/s$이다.

오답 포인트

표에 있는 네 유속을 모두 평균하거나 임의의 두 지점만 평균하면 안 된다. 3점법은 $0.2D$, $0.6D$, $0.8D$의 세 유속을 사용하고, $0.6D$의 유속에 가중치 2를 준다. 또한 1.675를 소수 둘째 자리까지 나타낼 때는 1.68로 반올림한다.

다시 나오면 이렇게 판단

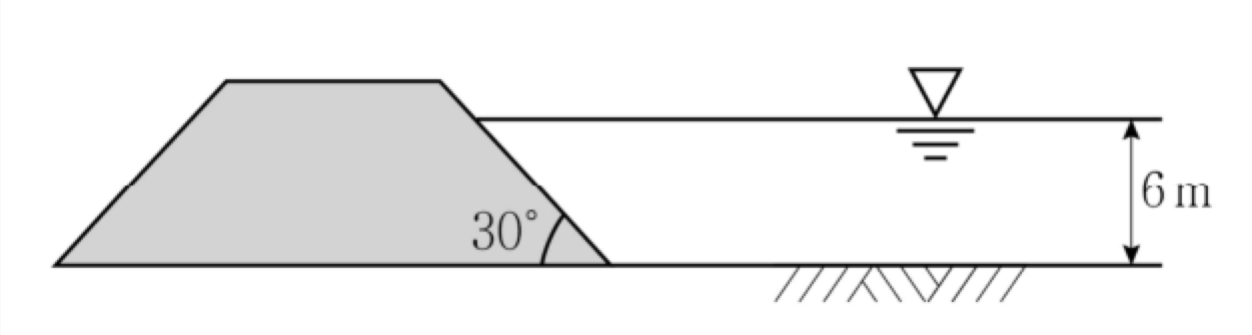
전체 수심 D에서 먼저 $0.2D$, $0.6D$, $0.8D$의 위치를 찾고, 표의 대응 유속을 확인한 뒤 가중치 1 : 2 : 1로 평균한다.

암기 포인트

3점법은 20%·60%·80% 지점의 유속을 사용하며 가중치는 1 : 2 : 1, 분모는 4이다.

NoteBase

문 2. 폭 10m의 댐이 그림과 같이 6m 수심의 물을 저류하고 있는 경우, 저수지 내 물에 의해 댐 사면이 받는 힘의 크기[kN]는? (단, 물의 밀도와 중력가속도는 각각 1,000kg/m^3, 10m/sec^{2}이다)



① 1,600

② 2,600

③ 3,600

④ 4,600

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 경사진 평면에 작용하는 전정수압 공식 $F = \rho g A h_c$를 이용하여 댐 사면이 받는 힘을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 댐의 폭 $b = 10m$, 수심 $H = 6m$, 사면각 $\theta = 30^\circ$, 물의 밀도 $\rho = 1{,}000kg/m^3$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.

구해야 할 값: 물에 잠긴 경사 사면 전체가 받는 정수압의 합력이다.

주의할 조건: $6m$는 수직 수심이므로, 경사 사면의 실제 길이는 사면각을 이용해 따로 구한다.

사용할 공식

평면에 작용하는 전정수압은

$F = \rho g A h_c$

이다. 여기서 A는 물에 잠긴 사면의 면적이고, h_c는 그 면적 도심의 자유수면 아래 수직 깊이이다. 압력이 수직 깊이에 비례하므로 평면 전체의 합력은 도심 깊이에서의 압력에 면적을 곱하여 구한다.

NoteBase

계산 과정

1. 물에 잠긴 경사 사면의 길이는
$L = \frac{H}{\sin 30^\circ} = \frac{6}{0.5} = 12m$
이다.
2. 물에 잠긴 사면의 면적은
$A = bL = 10 \times 12 = 120m^2$
이다.
3. 사면은 자유수면에서 수심 $6m$까지 잠긴 직사각형이므로 도심의 수직 깊이는
$h_c = \frac{H}{2} = 3m$
이다.
4. 따라서 합력은
$F = 1{,}000 \times 10 \times 120 \times 3 = 3{,}600{,}000N = 3{,}600kN$
이다.

선지 판단

① X — $1{,}600kN$은 계산값 $3{,}600kN$과 다르다. 틀린 수치이며, 올바르게는 $3{,}600kN$이다.
② X — $2{,}600kN$은 사면 면적 $120m^2$와 도심 수심 $3m$를 적용한 결과가 아니다. 올바르게는 $3{,}600kN$이다.
③ O — 전정수압 계산 결과가 $3{,}600kN$이므로 일치한다.
④ X — $4{,}600kN$은 계산값보다 $1{,}000kN$ 크다. 틀린 수치이며, 올바르게는 $3{,}600kN$이다.

오답 포인트

그림의 $6m$를 경사 사면의 길이로 바로 사용하면 안 된다. 실제 경사 길이는 $6/\sin 30^\circ = 12m$이다. 또한 전정수압에는 최대 수심 $6m$가 아니라 면적 도심의 수직 깊이 $3m$를 사용하며, 마지막에 N을 kN으로 바꿀 때 1,000으로 나눈다.

다시 나오면 이렇게 판단

경사 평면의 정수압 문제는 수직 수심으로 경사 길이와 침수 면적을 구한 뒤, 면적 도심의 수직 깊이를 확인하고 $F = \rho g A h_c$를 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

경사면의 전정수압은 '경사면의 실제 면적 × 도심의 수직 수심'이다.

NoteBase

문 3. 어떤 유역에 20분간 내린 호우의 누가우량이 다음과 같을 때, 10분 최대 강우강도[mm/hr]는?

시간(분)	0	5	10	15	20
누가우량(mm)	0	6	20	30	35

① 90
② 120
③ 144
④ 180

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 누가우량 자료에서 연속된 10분 구간의 강우량을 구하고, 그중 최대값을 강우강도로 환산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 누가우량은 0분 0 mm, 5분 6 mm, 10분 20 mm, 15분 30 mm, 20분 35 mm이다.
구해야 할 값은 10분 최대 강우강도이다.
10분 구간은 0~10분, 5~15분, 10~20분으로 잡으며, 누가우량의 차로 각 구간 강우량을 구한다.

사용할 공식

강우강도는 $i = P/t$이다. 여기서 P는 해당 지속기간의 강우량, t는 시간이다. 누가우량은 시점까지 누적된 값이므로, 어떤 구간의 강우량은 끝 시점 누가우량에서 시작 시점 누가우량을 뺀 값이다.

계산 과정

0~10분 강우량은 $20 - 0 = 20$ mm이므로 강우강도는 $20/(10/60) = 120$ mm/hr이다.
5~15분 강우량은 $30 - 6 = 24$ mm이므로 강우강도는 $24/(10/60) = 144$ mm/hr이다.
10~20분 강우량은 $35 - 20 = 15$ mm이므로 강우강도는 $15/(10/60) = 90$ mm/hr이다.
세 구간 중 최대 강우강도는 144 mm/hr이다.

NoteBase

선지 판단

① X. 90 mm/hr는 10~20분 구간의 강우강도이다. 최대값이라는 표현이 틀린 표현이며, 최대 강우강도는 144 mm/hr이다.
② X. 120 mm/hr는 0~10분 구간의 강우강도이다. 최대값이라는 표현이 틀린 표현이며, 5~15분 구간의 144 mm/hr가 더 크다.
③ O. 5~15분 구간에서 누가우량 차는 $30 - 6 = 24$ mm이고, 이를 10분으로 나누어 시간당 값으로 환산하면 $24/(10/60) = 144$ mm/hr이다.
④ X. 180 mm/hr는 15분 누가우량 30 mm를 10분 강우량처럼 잘못 사용한 값이다. 누가우량 30 mm에는 0~5분에 내린 6 mm도 포함되므로, 5~15분 강우량은 $30 - 6 = 24$ mm로 계산해야 한다. 올바른 값은 144 mm/hr이다.

오답 포인트

누가우량 자체를 구간 강우량으로 쓰는 것이 함정이다. ④처럼 15분의 누가우량 30 mm를 바로 사용하면 안 되며, 반드시 같은 지속기간의 시작·끝 누가우량 차를 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

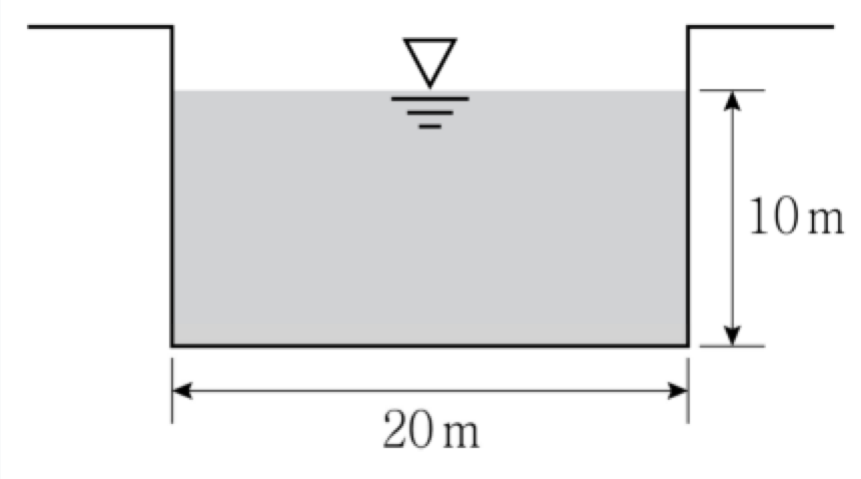
누가우량표에서 지속기간이 10분이면 10분 간격의 모든 이동구간을 만든다. 각 구간마다 끝 누가우량에서 시작 누가우량을 뺀 뒤, 10/60시간으로 나누어 최대값을 고른다.

암기 포인트

누가우량의 구간 강우량은 '끝값 − 시작값', 강우강도는 '구간 강우량 ÷ 지속시간'이다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 직사각형 단면 개수로에서의 동수반경[m]과 수리 수심[m]은?



① 동수반경[m]: 5, 수리수심[m]: 10

② 동수반경[m]: 10, 수리수심[m]: 10

③ 동수반경[m]: 5, 수리수심[m]: 20

④ 동수반경[m]: 10, 수리수심[m]: 20

정답 1번

출제 포인트

직사각형 개수로의 단면적, 윤변, 수면폭을 구분하여 동수반경과 수리수심을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 수로 바닥폭 $b = 20m$, 수심 $y = 10m$이다.
구해야 할 값: 동수반경 R과 수리수심 D이다.
주의할 조건: 개수로의 윤변에는 물과 접하지 않는 자유수면을 포함하지 않는다.

사용할 공식

직사각형 단면의 단면적은 $A = by$, 윤변은 $P = b + 2y$, 수면폭은 $T = b$이다.
동수반경과 수리수심은 각각 다음과 같다.
$R = \frac{A}{P}, \quad D = \frac{A}{T}$
동수반경은 단면적을 윤변으로 나눈 값이고, 수리수심은 단면적을 자유수면 폭으로 나눈 값이므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면적은 $A = 20 \times 10 = 200m^2$이다.
2. 윤변은 $P = 20 + 2 \times 10 = 40m$이므로 $R = 200/40 = 5m$이다.
3. 수면폭은 $T = 20m$이므로 $D = 200/20 = 10m$이다.

선지 판단

① O — 동수반경 $5m$, 수리수심 $10m$로 계산 결과와 모두 일치한다.
② X — 동수반경을 $10m$로 제시한 부분이 틀렸다. 수심 자체를 동수반경으로 혼동한 값이며, 올바르게는 동수반경 $5m$, 수리수심 $10m$이다.
③ X — 수리수심을 $20m$로 제시한 부분이 틀렸다. 수면폭을 수리수심으로 혼동한 값이며, 올바르게는 동수반경 $5m$, 수리수심 $10m$이다.
④ X — 동수반경 $10m$와 수리수심 $20m$가 모두 틀렸다. 각각 수심과 수면폭을 그대로 적은 값이며, 올바르게는 동수반경 $5m$, 수리수심 $10m$이다.

오답 포인트

동수반경을 단순한 수심으로 보거나 수리수심을 수면폭으로 보는 것이 함정이다. 특히 윤변 계산에서 자유수면 $20m$를 더하면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

개수로 단면에서는 먼저 A, 물과 접하는 길이 P, 자유수면 폭 T를 각각 구한 뒤 $R = A/P$, $D = A/T$에 대입한다.

암기 포인트

동수반경은 단면적/윤변, 수리수심은 단면적/수면폭이다. 직사각형 수로에서는 수리수심이 실제 수심과 같다.

NoteBase

문 5. 어떤 유역 내의 강수량을 P, 지표수 유입량을 I, 지표수 유출량을 O, 지하수 유출입량을 U, 유역 내 저류량을 S라 할 때, 물수지 원리에 의한 총 발산량 E는?

① $E = P - I \pm U + O \pm S$

② $E = P - I - U - O + S$

③ $E = P + I \pm U - O \pm S$

④ $E = P + I + U + O \pm S$

정답 3번

출제 포인트

유역 물수지에서 유입량과 유출량, 그리고 저류 변화의 부호를 구분하여 총발산량을 구하는 문제이다.

조건 정리

강수량 P와 지표수 유입량 I는 유역으로 들어오는 양이다. 지표수 유출량 O는 유역 밖으로 나가는 양이다. 지하수 유출입량 U와 저류 변화 S는 각각 유입·유출 및 저류 증가·감소의 방향에 따라 부호가 달라지므로 $\pm$로 표시한다.

사용할 공식

물수지는 유입량 = 유출량 + 저류 변화를 기본으로 한다. 따라서 총발산량은 $E = P + I \pm U - O \pm S$이다.
강수·지표수 유입은 발산량을 늘리는 쪽에, 지표수 유출은 유역에 남아 발산할 수 있는 물을 줄이는 쪽에 놓인다.

계산 과정

1. 유역으로 들어오는 지표수 항은 $P + I$로 합친다.
2. 지하수는 유입인지 유출인지에 따라 $\pm U$로 둔다.
3. 지표수 유출량은 유역 밖으로 나가므로 $-O$로 둔다.
4. 저류의 증감은 방향에 따라 $\pm S$로 반영한다.
5. 따라서 $E = P + I \pm U - O \pm S$가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X. $P - I \pm U + O \pm S$는 지표수 유입량 I을 빼고 지표수 유출량 O을 더한 점이 틀렸다. 올바르게는 $P + I \pm U - O \pm S$이다.
② X. $P - I - U - O + S$는 I의 부호가 반대이고, 지하수 유출입 및 저류 변화의 방향성을 각각 고정된 $-U$, $+S$로 처리했다. 올바르게는 $P + I \pm U - O \pm S$이다.
③ O. $P + I \pm U - O \pm S$는 지표수 유입은 더하고 지표수 유출은 빼며, 지하수 유출입과 저류 변화는 방향에 따라 부호를 달리한 물수지식이다.
④ X. $P + I + U + O + S$는 지표수 유출량 O을 더한 점이 틀렸고, 방향이 정해지지 않은 지하수 유출입 U와 저류 변화 S를 각각 고정된 $+U$, $+S$로 처리한 점도 옳지 않다. 올바르게는 O 앞에 음의 부호를 두고 U, S에는 $\pm$를 붙여 $P + I \pm U - O \pm S$로 쓴다.

오답 포인트

유입량 I과 유출량 O의 부호를 서로 바꾸는 실수가 핵심 함정이다. 특히 ①은 $-I$와 $+O$를 사용하므로 물의 이동 방향을 반대로 처리한 식이다.

다시 나오면 이렇게 판단

물수지식은 먼저 유역 경계를 정한 뒤, 경계 안으로 들어오면 더하고 밖으로 나가면 뺀다. 유출입 방향이 정해지지 않은 항과 저류의 증감은 $\pm$로 남겨 둔다.

암기 포인트

유입은 +, 유출은 −: $E = P + I \pm U - O \pm S$이다.

NoteBase

문 6. 수리모형실험에 적용되는 상사법칙에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 상사법칙에는 일반적으로 기하학적 상사, 운동학적 상사, 동력학적 상사가 있다.

② 수리학적으로 완전한 동력학적 상사가 성립되기 위해서는 먼저 기하학적 상사와 운동학적 상사가 성립되어야 한다.

③ 수리모형실험 시 중력이 역학 시스템에서 가장 중요한 힘이라면 Froude수가 모형과 원형이 동일한 것이 일반적이다.

④ 하천 수리모형은 항상 수심, 수면폭, 수로의 흐름방향 길이를 정확하게 같은 축척 비율로 만들어야 한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 수리모형실험의 기하학적·운동학적·동력학적 상사와 하천모형의 축척 설정을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

기하학적 상사는 모형과 원형의 형상이 닮고 대응 길이의 축척비가 일정한 상태이다. 운동학적 상사는 대응점의 유속·가속도 등 운동 상태가 상사인 상태이다. 동력학적 상사는 대응점에 작용하는 힘의 비까지 일정한 상태이며, 기하학적 상사와 운동학적 상사를 바탕으로 성립한다. 중력이 지배적인 자유수면 흐름에서는 모형과 원형의 Froude수가 같도록 맞춘다.

선지별 해설

① O: 수리모형의 상사는 일반적으로 기하학적 상사, 운동학적 상사, 동력학적 상사로 구분한다.

② O: 동력학적 상사는 힘의 상사까지 요구하므로, 형상과 운동의 대응관계인 기하학적 상사와 운동학적 상사가 먼저 성립해야 한다.

③ O: 중력이 지배적인 자유수면 흐름은 중력력과 관성력의 비를 나타내는 Froude수를 일치시키는 Froude 상사를 적용한다.

④ X: 틀린 표현은 '항상'과 '정확하게 같은 축척 비율'이다. 하천 수리모형은 부지·제작 여건과 수심 재현 등을 고려하여 수평축척과 연직축척을 다르게 하는 왜곡모형으로 만들 수 있다. 따라서 수심, 수면폭, 흐름방향 길이가 언제나 같은 축척비일 필요는 없다.

오답 포인트

④는 기하학적 상사의 원칙을 모든 하천모형에 기계적으로 적용하게 만든 선지이다. 실제 하천모형에서는 연직방향을 상대적으로 크게 잡는 왜곡축척을 사용할 수 있으므로 '항상 같은 축척'이라는 단정이 틀린다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

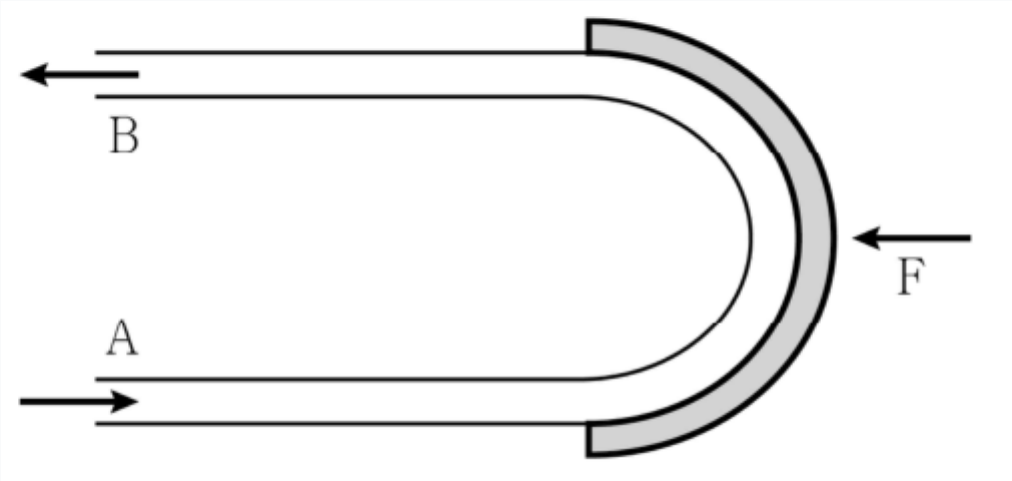
상사의 종류는 형상→운동→힘의 순으로 구분하고, 자유수면 흐름에서 지배력이 중력이면 Froude수를 확인한다. 하천모형의 축척에 '항상', '반드시', '모든 방향이 동일'과 같은 단정이 있으면 왜곡모형의 가능성을 함께 검토한다.

암기 포인트

중력 지배 흐름은 Froude 상사, 하천모형은 필요하면 수평·연직 축척을 다르게 한다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 A지점에서 물이 $10m^3/sec$의 유량과 $5m/sec$의 유속으로 곡면을 따라 흘러서 B지점에서 반대방향으로 유출될 때, 곡면이 받는 힘 F[t]는? (단, A, B 그리고 곡면에서의 관의 직경은 동일하며, 중력가속도와 물의 단위중량은 각각 $10m/sec^2$, $1t/m^3$이다)



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 곡관을 지나는 물의 선운동량 변화로 곡관에 필요한 지지력 F를 구하는 문제이다.

조건 정리

유량은 $Q = 10m^3/s$, 관내 유속의 크기는 $V = 5m/s$이다. 문제에서 준 물의 단위중량 $\gamma = 1t/m^3$은 무게를 기준으로 한 값(비중량)이므로, 운동량 계산에 필요한 질량밀도는 $\rho = \gamma/g$로 환산해서 써야 한다. 오른쪽을 + 방향으로 잡으면 A점 유속은 $V_A = +5m/s$, B점 유속은 $V_B = -5m/s$이다. A와 B의 관경 및 높이가 같으므로 압력에 의한 수평력은 서로 상쇄되는 것으로 본다.

사용할 공식

수평방향 선운동량 방정식은 $\sum F_x = \dot{m}(V_B - V_A)$이고, 질량유량은 $\dot{m} = \rho Q = (\gamma/g)Q$이다. 곡관에서 유체의 진행 방향 자체가 바뀌므로, 유량만이 아니라 입구·출구 유속의 방향을 부호까지 넣어 운동량 변화를 계산한다.

NoteBase

계산 과정

1. 주어진 단위중량 $\gamma = 1t/m^3$은 무게 기준(비중량)이므로 질량밀도로 바꾸면 $\rho = \gamma/g$이고, 질량유량은 $\dot{m} = \rho Q = (\gamma/g)Q$이다.
2. 유체의 수평 운동량 변화는 $\sum F_x = \dot{m}(V_B - V_A) = \frac{\gamma Q(V_B - V_A)}{g}$이다. 마지막에 g로 나누는 이유는 문제에서 준 값이 질량밀도가 아니라 무게 기준의 단위중량이기 때문이다.
3. 값을 대입하면 $\frac{(1)(10)(-5-5)}{10} = \frac{-100}{10} = -10t$이다. 부호가 $(-)$이므로 곡관이 물에 가하는 힘은 왼쪽 방향으로 크기 $10t$이다. 물이 곡관에 가하는 힘은 그 반대인 오른쪽 $10t$이고, 그림의 왼쪽 지지력 F는 이를 평형으로 만드는 $10t$이다.

선지 판단

① X: $F = 5t$는 유속의 방향 반전으로 생기는 속도 변화 $10m/s$를 절반으로 본 값이다. ①의 $F = 5t \rightarrow$ 올바르게는 $F = 10t$이다.
② O: 유속이 $+5m/s$에서 $-5m/s$로 바뀌므로 필요한 왼쪽 지지력의 크기는 $10t$이다.
③ X: $F = 15t$가 되려면 이 문제의 질량유량 또는 속도 변화보다 큰 값을 사용해야 한다. ③의 $F = 15t \rightarrow$ 올바르게는 $F = 10t$이다.
④ X: $F = 20t$는 입·출구 유속 차이를 중복 계산한 값이다. ④의 $F = 20t \rightarrow$ 올바르게는 $F = 10t$이다.

오답 포인트

B점의 유속 화살표는 왼쪽이므로 $-5m/s$이다. 이를 $+5m/s$로 놓으면 속도 변화의 크기를 $5m/s$로 잘못 계산하여 ①의 $5t$를 고르기 쉽다. 또한 물이 곡관에 미는 방향은 오른쪽이고, 그림의 F는 그에 맞서는 왼쪽 지지력이라는 점을 구별한다.

다시 나오면 이렇게 판단

곡관의 힘은 $\dot{m}(V_{out} - V_{in})$에서 입구와 출구 유속을 한 직선축의 부호로 먼저 표시해 판단한다. 그 뒤 유체에 작용하는 힘과 관에 작용하는 힘은 작용·반작용으로 방향이 반대임을 적용한다. 단위중량이 주어지면 $\rho = \gamma/g$로 바꾼 뒤 대입한다.

암기 포인트

유속이 $+V$에서 $-V$로 반전되면 속도 변화의 크기는 $2V$이다. 무게 기준의 단위중량 γ는 $\rho = \gamma/g$로 바꿔 운동량 계산에 넣는다.

NoteBase

문 8. 강우강도가 120mm/hr이고 유출계수가 0.6인 $2km^2$ 면적의 초지를 택지로 개발하였더니, 유출계수가 0.9로 증가하였다. 기존에 이 유역에는 $40m^3/sec$의 홍수소통능력을 갖는 우수관이 설치되어 있었다. 유역 내 증가되어 발생하는 유출량을 안정적으로 소통하기 위해 추가로 설치해야 할 우수관의 용량[m^3/sec]은? (단, 유역의 집중시간은 고려하지 않는 것으로 가정하며, 첨두유출량은 합리식을 이용하여 구한다)

① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 합리식 $Q = CIA$로 택지 개발에 따른 첨두유출량의 증가분, 즉 추가 우수관 용량을 구하는 문제이다.

조건 정리

강우강도는 $120mm/hr = 0.12m/hr$이고, 유역면적은 $2km^2 = 2{,}000{,}000m^2$이다. 개발 전 유출계수는 0.6, 개발 후 유출계수는 0.9이다. 기존 우수관은 개발 전 첨두유출량인 $40m^3/s$을 이미 소통한다.

사용할 공식

합리식은 $Q = CIA$이다. 강우강도와 유역면적이 같고 유출계수만 0.6에서 0.9로 변하므로, 추가 용량은 $\Delta Q = (0.9 - 0.6)IA$로 계산한다. 시간 단위가 hr이므로 최종 m^3/s 변환을 위해 3,600으로 나눈다.

계산 과정

개발 전 유출량은 $Q_1 = 0.6 \times 0.12 \times 2{,}000{,}000/3{,}600 = 40m^3/s$로 기존 우수관 용량과 일치한다.
개발 후 유출량은 $Q_2 = 0.9 \times 0.12 \times 2{,}000{,}000/3{,}600 = 60m^3/s$이다.
따라서 추가 우수관 용량은 $Q_2 - Q_1 = 60 - 40 = 20m^3/s$이다.

선지 판단

① X. $10m^3/s$는 필요한 증가분보다 작다. 틀린 값 10 대신, 추가 용량은 $20m^3/s$이다.
② O. 개발 후 유출량 $60m^3/s$에서 기존 관이 소통하는 $40m^3/s$을 빼면 $20m^3/s$이다.
③ X. $30m^3/s$는 유출계수 증가분 0.3이 아니라 개발 후 유출계수 0.9만을 잘못 적용하여 증가분을 크게 본 값이다. 틀린 값 30 대신, 추가 용량은 $20m^3/s$이다.
④ X. $40m^3/s$는 개발 전 유출량이자 기존 우수관의 소통능력이다. 틀린 값 40 대신, 추가로 설치할 용량은 $20m^3/s$이다.

NoteBase

오답 포인트

개발 후 총 유출량 $60m^3/s$을 구한 뒤 기존 관 용량 $40m^3/s$을 빼지 않거나, 유출계수의 증가분 0.3 대신 개발 후 계수 0.9를 쓰는 것이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

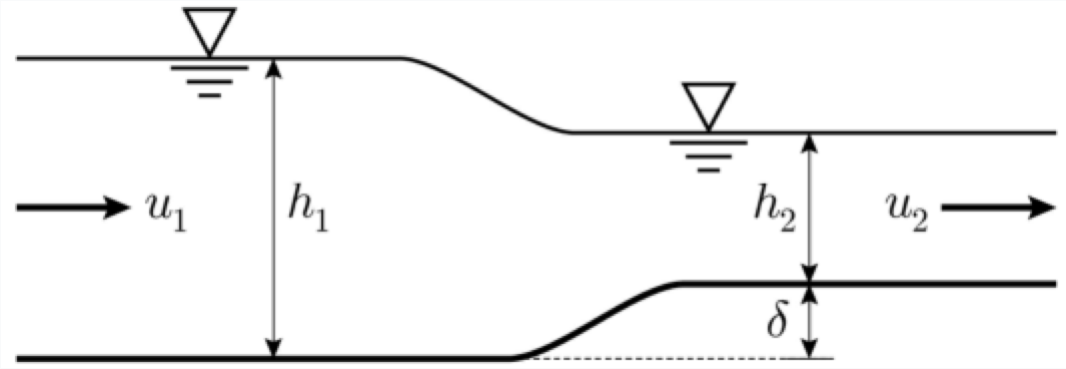
유출계수만 변하는 추가 관거 용량 문제에서는 먼저 $Q = CIA$로 개발 전·후 유출량을 같은 단위로 계산한 뒤, 개발 후 값에서 기존 소통능력 또는 개발 전 값을 뺀다.

암기 포인트

추가 우수관 용량은 $\Delta Q = \Delta C \cdot I \cdot A$이다. I가 시간당 강우강도이면 m^3/s 환산을 위해 3,600으로 나눈다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 사각단면의 폭이 1m인 개수로의 하류부에서 바닥이 δ 만큼 상승해 있으며, 이 개수로를 통해 물이 $4m^3/sec$의 유량으로 흐르고 있다. $h_1 = 2m$이고 $\delta = 0.25m$라면, 하류에서의 수심 h_2[m]는? (단, 모든 마찰은 무시하며, 중력가속도는 $8m/sec^2$이다)



① 0.25

② 0.50

③ 0.75

④ 1.00

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 사각단면 개수로에서 연속방정식과 손실이 없는 에너지 방정식을 이용하여 바닥이 δ만큼 상승한 뒤의 수심 h_2를 구하는 문제이다.

조건 정리

수로 폭은 $b = 1m$, 유량은 $Q = 4m^3/s$, 상류 수심은 $h_1 = 2m$, 바닥 상승량은 $\delta = 0.25m$, 중력가속도는 $g = 8m/s^2$이다.
단위폭 유량은 $q = Q/b = 4m^2/s$이고, 상류 평균유속은 $u_1 = Q/(bh_1) = 4/(1 \times 2) = 2m/s$이다.
모든 마찰을 무시하므로 두 단면 사이의 총수두는 보존된다.

사용할 공식

연속방정식은 $u = Q/(bh)$이다.
손실이 없는 개수로의 에너지 방정식은 $z_1 + h_1 + u_1^2/(2g) = z_2 + h_2 + u_2^2/(2g)$이다.
바닥이 δ만큼 높아지므로 $z_2 - z_1 = \delta$이며, 하류 유속 u_2는 미지 수심 h_2에 따라 $u_2 = 4/h_2$가 된다.

NoteBase

계산 과정

상류의 총수두는 $z_1 + 2 + 2^2/(2 \times 8) = z_1 + 2.25m$이다.
하류 바닥은 $z_2 = z_1 + 0.25m$, 하류 유속은 $u_2 = 4/h_2$이므로 에너지 방정식에 대입하면 다음과 같다.
$z_1 + 2.25 = z_1 + 0.25 + h_2 + \frac{(4/h_2)^2}{2 \times 8}$
따라서 $2 = h_2 + 1/h_2^2$이고, $h_2 = 1m$을 대입하면 $1 + 1 = 2$로 성립한다.
그러므로 $h_2 = 1.00m$이다.

선지 판단

① X — $h_2 = 0.25m$이면 $h_2 + 1/h_2^2 = 0.25 + 16 = 16.25$가 되어 에너지식의 우변이 2가 되지 않는다. 틀린 표현 $0.25m$ → 올바르게는 $1.00m$이다.
② X — $h_2 = 0.50m$이면 $h_2 + 1/h_2^2 = 0.50 + 4 = 4.50$이므로 에너지식에 맞지 않는다. 틀린 표현 $0.50m$ → 올바르게는 $1.00m$이다.
③ X — $h_2 = 0.75m$이면 $h_2 + 1/h_2^2$는 2가 아니므로 주어진 에너지 조건을 만족하지 않는다. 틀린 표현 $0.75m$ → 올바르게는 $1.00m$이다.
④ O — $h_2 = 1.00m$이면 $h_2 + 1/h_2^2 = 1 + 1 = 2$가 되어 에너지 방정식을 정확히 만족한다.
계산 결과 $h_2 = 1.00m$이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

바닥 상승량 $\delta = 0.25m$를 수심에서 단순히 빼면 $1.75m$가 되지만, 유속수두도 함께 변하므로 틀리다. 또한 u_2는 $4/h_2$이므로 하류 수심을 구한 뒤 유속수두를 반드시 함께 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

개수로 바닥고가 변하는 문제는 먼저 $u = Q/(bh)$로 각 단면의 유속을 나타낸 뒤, 바닥고 z, 수심 h, 유속수두 $u^2/(2g)$를 모두 포함한 에너지 방정식에 대입하여 판단한다.

암기 포인트

마찰이 없으면 $z + h + u^2/(2g)$는 일정하다. 바닥이 높아진 만큼 수심만 줄어드는 것이 아니라 유속수두도 함께 변한다.

NoteBase

문 10. 관수로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 관수로 내 손실수두는 속도수두에 비례한다.

② 관수로의 출구손실계수는 보통 1로 본다.

③ 관수로 내 마찰손실수두는 관의 길이에 비례하고, 직경에 반비례한다.

④ 관수로에서 관경에 대한 관의 총길이 비인 $\frac{l}{D}$이 1,000보다 크면 마찰손실 이외의 소손실은 무시할 수 있다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 관수로의 손실수두를 속도수두와 손실계수로 나타내는 방법, 그리고 마찰손실과 소손실의 구별을 묻는 문제이다.

핵심 개념

속도수두는 $V^2/(2g)$이고, 소손실수두는 $h_m = KV^2/(2g)$로 나타낸다. 따라서 소손실수두는 속도수두에 비례한다.
마찰손실수두는 $h_f = f(L/D)V^2/(2g)$로 나타낸다. 같은 유속과 마찰손실계수 조건에서는 관 길이 L에 비례하고 관경 D에 반비례한다.
마찰손실은 관 벽면을 따라 생기는 연속 손실이고, 소손실은 입·출구, 밸브, 굴곡, 확대·축소 등 국부 부속시설에서 생기는 손실이다.

선지별 해설

① O. 손실수두는 일반적으로 손실계수 K와 속도수두의 곱으로 나타나므로 속도수두에 비례한다.

② O. 관 출구에서 유체의 속도수두가 소산되는 출구손실은 보통 $K = 1$로 본다.

③ O. Darcy–Weisbach식에서 마찰손실수두는 $f(L/D)V^2/(2g)$이다. 따라서 다른 조건이 같으면 관 길이가 길수록 커지고 관경이 클수록 작아진다.

④ X. 틀린 표현은 L/D가 1,000보다 크다는 사실만으로 마찰손실 이외의 모든 소손실을 무시할 수 있다고 단정한 부분이다. L/D가 큰 관로에서는 마찰손실이 지배적일 가능성이 크지만, 밸브·굴곡·확대·축소 등의 손실계수와 개수를 함께 검토해야 한다. 올바르게는 소손실이 마찰손실에 비해 충분히 작다고 확인된 경우에만 근사적으로 무시할 수 있다.

NoteBase

오답 포인트

④의 L/D 기준을 절대적인 소손실 무시 조건으로 외우기 쉽다. 그러나 L/D는 마찰손실의 상대적 중요도를 가늠하는 지표일 뿐이며, 국부손실은 부속시설의 종류와 개수에 따라 커질 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 손실수두를 $KV^2/(2g)$ 꼴의 소손실과 $f(L/D)V^2/(2g)$ 꼴의 마찰손실로 나눈다. 그다음 L/D만 제시하여 소손실을 항상 무시할 수 있다고 단정하는 선지는 경계한다.

암기 포인트

소손실은 $K\cdot$속도수두, 마찰손실은 $fL/D\cdot$속도수두이다. L/D가 커도 소손실 무시는 조건부이다.

NoteBase

문 11. 개수로와 관수로에 대한 설명으로 항상 옳은 것은?

① 관의 형태를 지닌 모든 수로는 관수로이다.

② 자유수면이 있는 수로는 개수로이다.

③ 지하에 매설되어 있는 우수관거는 관수로이다.

④ 하천은 관수로라고 봐도 된다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 수로의 외형이나 설치 위치가 아니라 자유수면의 유무로 개수로와 관수로를 구분하는지 묻는다.

핵심 개념

개수로는 물의 윗면이 대기와 접하는 자유수면을 가진 흐름이다.
관수로는 관이 물로 가득 차 자유수면 없이 압력에 의해 흐르는 수로이다.
관 모양인지 또는 지하에 매설되었는지는 구분 기준이 아니며, 실제 흐름에 자유수면이 있는지가 결정 기준이다.

선지별 해설

① X. 틀린 표현은 '관의 형태를 지닌 모든 수로'이다. 관형 수로라도 물이 관을 가득 채우지 않고 자유수면을 가지면 개수로이다. 올바르게는 관의 형태만으로 관수로라고 단정할 수 없다.
② O. 자유수면이 있으면 그 수로는 개수로이다. 자유수면은 개수로를 판별하는 직접적인 기준이다.
③ X. 틀린 표현은 '지하에 매설되어 있는 우수관거는 관수로'이다. 우수관거는 지하 관거라도 보통 자유수면을 가진 흐름으로 취급되므로 개수로가 될 수 있다. 올바르게는 지하 매설 여부가 아니라 관거가 물로 가득 차 압력흐름을 하는지로 판단한다.
④ X. 틀린 표현은 '하천은 관수로'이다. 하천은 수면이 대기에 노출된 자유수면 흐름이므로 개수로이다.

오답 포인트

①과 ③은 '관 모양'과 '지하 매설'이라는 시설의 외형에 끌려 관수로라고 판단하게 만든다. 그러나 수로 분류의 핵심은 외형이 아니라 자유수면과 압력흐름의 여부이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 물의 윗면이 대기와 접하는지 확인한다. 자유수면이 있으면 개수로이고, 관이 물로 가득 차 자유수면 없이 압력흐름을 하면 관수로이다.

암기 포인트

자유수면이면 개수로, 만관 압력흐름이면 관수로이다.

NoteBase

문 12. 운동량 보정계수가 적용되는 경우로 옳은 것은?

① 점성유체에 적용된다.

② 이상유체에 적용된다.

③ 모든 유체유동에 적용된다.

④ 유동단면이 원형일 때만 적용된다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 운동량 보정계수가 필요한 유속분포와 그 적용 범위를 묻는 문제이다.

핵심 개념

운동량 보정계수는 실제 단면에서 유속이 균일하지 않을 때, 평균유속으로 계산한 운동량과 실제 운동량의 차이를 보정하는 계수이다. 점성유체에서는 관벽의 마찰 때문에 단면 내 유속분포가 비균일해지므로 이 보정계수를 적용한다. 이상유체의 균일유동에서는 보정계수가 1이어서 별도의 보정이 필요하지 않다.

선지별 해설

① O: 점성유체는 점성 및 관벽 마찰의 영향으로 단면 내 유속이 위치마다 달라진다. 따라서 실제 운동량을 평균유속으로 나타낼 때 운동량 보정계수를 적용한다.

② X: 틀린 표현은 '이상유체에 적용된다'이다. 이상유체의 균일한 유속분포에서는 운동량 보정계수가 1이므로 별도의 보정이 필요하지 않다.

③ X: 틀린 표현은 '모든 유체유동'이다. 운동량 보정계수는 유속분포가 비균일한 경우에 필요한 보정이며, 균일유동에는 적용할 보정이 없다.

④ X: 틀린 표현은 '유동단면이 원형일 때만'이다. 적용 여부는 단면 형상이 아니라 단면 내 유속분포가 균일한지에 따라 결정된다. 원형 단면 외의 단면에서도 유속분포가 비균일하면 적용한다.

오답 포인트

운동량 보정계수의 적용 기준을 '이상유체인지' 또는 '원형 단면인지'로 혼동하기 쉽다. 핵심은 점성으로 인해 생기는 비균일 유속분포이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

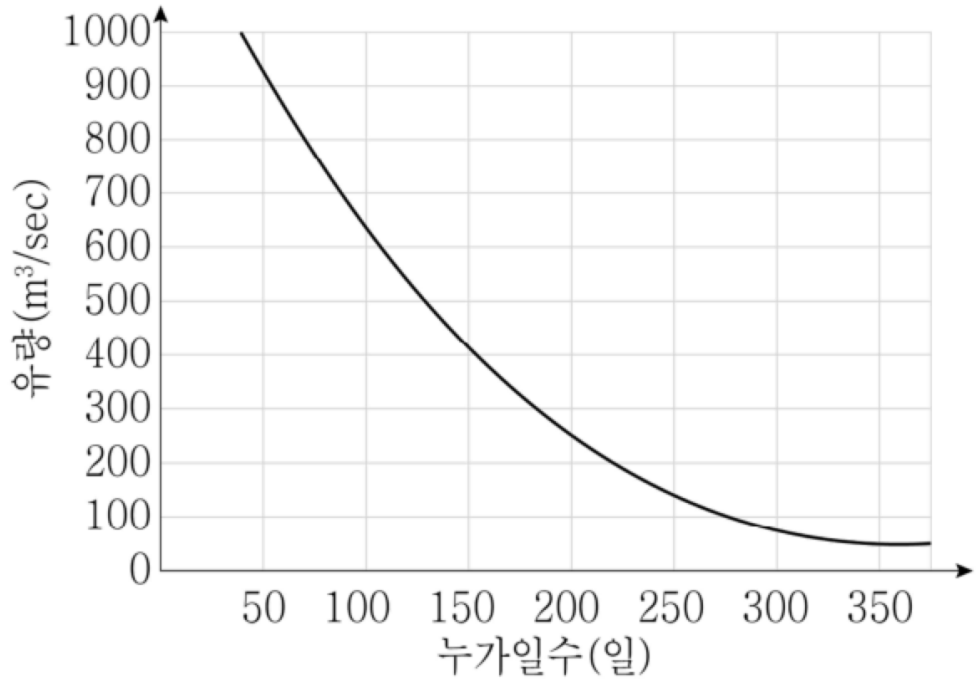
운동량 보정계수 관련 선지에서는 먼저 단면 내 유속이 균일한지를 판단한다. 점성과 경계면 마찰로 유속분포가 비균일하면 보정계수가 필요하고, 균일하면 보정계수는 1이다.

암기 포인트

운동량 보정계수는 '점성으로 유속이 들쭉날쭉할 때' 적용한다.

NoteBase

문 13. 그림은 어느 하천의 유황을 표시하는 누가일수에 따른 유량변동 곡선이다. 이 하천의 평수량[m^3/sec]은?



① 50

② 100

③ 300

④ 800

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 누가일수에 따른 유량변동곡선에서 평수량을 읽는 문제이다. 평수량은 누가일수 185일에 해당하는 유량이다.

자료 읽는 순서

1. 가로축이 누가일수(일), 세로축이 유량 m^3/s임을 확인한다.
2. 평수량의 기준인 누가일수 185일을 가로축에서 찾는다.
3. 185일에서 곡선의 세로축 값을 읽으면 약 $300m^3/s$이다.

NoteBase

핵심 근거

그래프의 누가일수 185일은 150일과 200일 사이에 위치한다. 이 지점에서 곡선은 유량 300 부근을 지나므로 평수량은 약 $300 m^3/s$이다.

선지별 해설

① X — 그래프에서 누가일수 185일 지점의 유량은 50이 아니다. 선지의 '50' → 올바르게는 '약 300'이다.
② X — 유량 100은 그래프에서 누가일수 약 270일 부근의 값이므로 평수량 기준인 185일과 맞지 않는다. 선지의 '100' → 올바르게는 '약 300'이다.
③ O — 누가일수 185일에서 곡선을 읽으면 유량은 약 300이므로 평수량과 일치한다.
④ X — 유량 800은 그래프에서 누가일수 약 70일 부근의 값으로, 185일에서의 평수량이 아니다. 선지의 '800' → 올바르게는 '약 300'이다.

오답 포인트

누가일수 185일을 확인하지 않고 곡선의 다른 지점에서 보이는 50, 100, 800을 고르는 것이 함정이다. 평수량은 유량의 크기 자체가 아니라 누가일수 185일에 대응하는 유량으로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

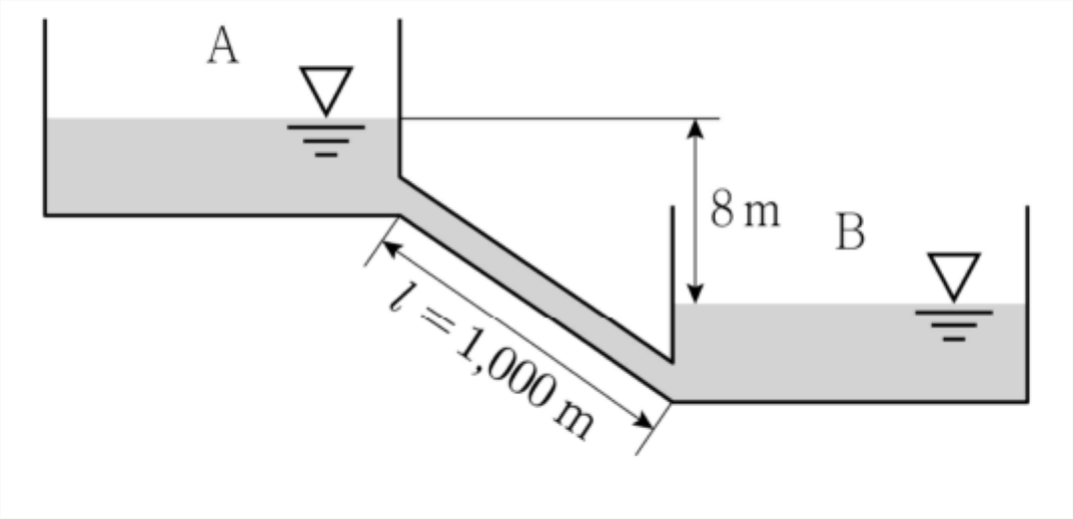
누가유량곡선 문제에서는 먼저 묻는 유량의 기준 누가일수를 정한 뒤, 그 누가일수에서 곡선까지 이동하고 세로축 유량을 읽는다.

암기 포인트

평수량은 누가일수 185일의 유량이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 거리(l)가 1,000m 떨어져 있고 수위차가 8m인 두 저수지를 직경(d)이 2m인 원형관수로 연결하였다. 두 저수지가 충분히 커서 수위변화가 없다고 가정할 때, A 저수지에서 B 저수지로 이동하는 유량 [m^3/sec]은? (단, 관 입구와 출구 지점에서의 손실수두는 무시하며, 중력가속도는 10m/sec^2, 관마찰계수 f는 0.02이며, 소수점 둘째자리에서 반올림한다)



① 6.3

② 8.7

③ 12.6

④ 14.2

정답 3번

출제 포인트

두 저수지의 수위차가 만드는 위치수두가 관마찰손실수두와 같다는 관계를 이용하여 유량을 구하는 문제이다.

조건 정리

관 길이는 $l = 1{,}000m$, 관경은 $d = 2m$, 수위차는 $H = 8m$, 관마찰계수는 $f = 0.02$, 중력가속도는 $g = 10m/s^2$이다.
두 저수지는 충분히 커서 자유수면에서의 유속수두는 0으로 보며, 입구·출구 손실도 무시한다. 따라서 수위차 8 m 전부가 관마찰손실수두이다.

사용할 공식

Darcy-Weisbach 식은 $h_f = f\frac{l}{d}\frac{V^2}{2g}$이다.
이 문제에서는 손실수두가 관마찰손실만이므로 $H = h_f$를 적용한다. 유량은 $Q = AV$, 단면적은 $A = \frac{\pi d^2}{4}$이다.

NoteBase

계산 과정

1. $8 = 0.02 \times \frac{1{,}000}{2} \times \frac{V^2}{2 \times 10}$이므로 $V^2 = 16$, 즉 $V = 4m/s$이다.
2. 관 단면적은 $A = \frac{\pi \times 2^2}{4} = \pi m^2$이다.
3. 따라서 $Q = AV = \pi \times 4 = 12.57 m^3/s$이고, 소수점 둘째 자리에서 반올림하면 $12.6 m^3/s$이다.

선지 판단

① X. 6.3은 계산 결과 $12.6 m^3/s$의 절반이다. 틀린 값 6.3 → 올바르게는 $12.6 m^3/s$이다.
② X. 8.7은 Darcy-Weisbach 식과 관 단면적을 모두 적용한 유량이 아니다. 틀린 값 8.7 → 올바르게는 $12.6 m^3/s$이다.
③ O. 수위차와 관마찰손실을 같게 두어 계산한 유량은 $12.57 m^3/s$이므로 반올림값은 $12.6 m^3/s$이다.
④ X. 14.2는 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값 14.2 → 올바르게는 $12.6 m^3/s$이다.

오답 포인트

수위차 $8m$를 그대로 유량에 곱하는 것이 아니라, 먼저 마찰손실식으로 평균유속 V를 구한 뒤 $Q = AV$를 적용해야 한다. 또한 관경 2 m는 반지름이 아니라 지름이므로 단면적은 πm^2이다.

다시 나오면 이렇게 판단

큰 저수지끼리 연결되고 입구·출구 손실이 무시되면 수위차를 관마찰손실수두와 같게 둔다. 이어서 h_f로 V를 구하고, $Q = AV$로 유량을 계산한다.

암기 포인트

저수지 수위차 = 관마찰손실, 유량은 $Q = AV$이다.

NoteBase

문 15. 도수 전후의 수심이 각각 1m와 5m일 때, 도수로 인한 에너지 손실수두[m]는?

① 2.8

② 3.2

③ 3.8

④ 4.0

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 도수 전후 수심으로 도수에 따른 에너지 손실수두를 계산하는 문제이다.

조건 정리

도수 전 수심은 $y_1 = 1m$이고, 도수 후 수심은 $y_2 = 5m$이다. 구할 값은 에너지 손실수두 h_L이다.

사용할 공식

도수에 의한 에너지 손실수두는 다음 식으로 구한다.
$h_L = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2}$
도수 전후의 짝수심 y_1, y_2가 주어졌으므로 이 공식을 적용한다.

계산 과정

$h_L = \frac{(5-1)^3}{4 \times 1 \times 5} = \frac{64}{20} = 3.2m$
따라서 도수로 인한 에너지 손실수두는 $3.2m$이다.

선지 판단

① X: 계산값은 $2.8m$가 아니다. 틀린 표현 $2.8m$ → 올바르게는 $3.2m$이다.
② O: $h_L = 3.2m$이므로 옳다.
③ X: 계산값은 $3.8m$가 아니다. 틀린 표현 $3.8m$ → 올바르게는 $3.2m$이다.
④ X: 계산값은 $4.0m$가 아니다. 틀린 표현 $4.0m$ → 올바르게는 $3.2m$이다.

오답 포인트

수심 차 $5 - 1 = 4m$를 그대로 손실수두로 보거나, 수심 차의 세제곱 항을 빠뜨리면 ①, ③, ④와 같은 오답을 고르게 된다. 분자와 분모를 모두 대입해 계산한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

도수 전후 수심 두 값이 주어지면 먼저 $h_L = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2}$를 쓰고, 수심 차를 세제곱한 뒤 $4y_1y_2$로 나누어 단위를 m로 확인한다.

암기 포인트

도수 손실수두는 '수심 차의 세제곱 ÷ $4y_1y_2$'이다.

NoteBase

문 16. 수평관 내를 흐르는 기체의 유속을 측정하기 위하여 피토관을 설치하였다. 피토관에 연결된 압력계에서 측정된 압력차가 5kPa일 때, 이 기체의 유속[m/sec]은? (단, 기체의 밀도는 1kg/m^{3}이다)

① 1

② 10

③ 100

④ 1,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 피토관에서 측정한 압력차를 동압으로 보고 유속을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 압력차는 $5kPa$이고, 기체 밀도는 $1kg/m^3$이다. 구할 값은 유속 v이다. 압력 단위는 계산 전에 Pa로 통일한다.

사용할 공식

피토관의 압력차는 정체압과 정압의 차이인 동압이므로 $\Delta p = \frac{1}{2}\rho v^2$를 사용한다. 여기서 Δp는 압력차, ρ는 밀도, v는 유속이다.

계산 과정

1. $5kPa = 5{,}000Pa$로 변환한다.
2. $v = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$에 대입한다.
3. $v = \sqrt{\frac{2 \times 5{,}000}{1}} = \sqrt{10{,}000} = 100m/s$이다.

선지 판단

① X: 제시값 $1m/s$는 계산 결과 $100m/s$와 다르다. 틀린 값 $1m/s$ → 올바르게는 $100m/s$이다.
② X: 제시값 $10m/s$는 계산 결과와 다르다. 틀린 값 $10m/s$ → 올바르게는 $100m/s$이다. 압력차를 kPa에서 Pa로 바꾸지 않거나 제곱근 계산을 잘못하면 이러한 작은 값이 나온다.
③ O: 계산한 유속이 $100m/s$이므로 옳다.
④ X: 제시값 $1{,}000m/s$는 계산 결과보다 10배 크다. 틀린 값 $1{,}000m/s$ → 올바르게는 $100m/s$이다.

오답 포인트

압력차 $5kPa$를 그대로 5로 대입하면 안 된다. kPa를 Pa로 바꾼 뒤, 유속은 압력차에 비례하는 것이 아니라 압력차의 제곱근에 비례함을 적용한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

피토관 문제에서는 압력차가 동압인지 확인하고, $\Delta p = \frac{1}{2}\rho v^2$에서 $v = \sqrt{2\Delta p/\rho}$로 정리한 다음 압력 단위를 Pa로 검산한다.

암기 포인트

피토관: 압력차는 동압, 유속은 $v = \sqrt{2\Delta p/\rho}$이다.

문 17. 하천에서 유량 측정은 수위 측정에 비하여 노력과 시간이 많이 소요되므로 수위-유량관계곡선을 사전에 작성하여 원하는 시점마다 수위 측정을 통해 유량을 구하는 것이 보편적이다. 수위-유량관계곡선에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 수위-유량관계곡선은 하천의 수위관측소에서 수위와 이에 상응하는 유량을 동시에 측정하여 수위와 유량의 관계를 나타낸 곡선이다.

② 정확하고 신뢰할 만한 수위-유량관계곡선을 개발하기 위해서는 갈수위, 저수위, 평수위, 풍수위, 홍수위에 대한 수위별 유량을 측정하여야 한다.

③ 자연하천에서 수위는 하도의 통제를 받으므로 수위의 상승 시와 하강 시 유량이 같지 않기 때문에 수위와 유량의 관계는 고리형 관계를 나타낸다.

④ 하상변동이 큰 하천구간은 수위와 유량 관측 자료의 분산정도가 작기 때문에 작성된 수위-유량관계곡선을 주의해서 사용해야 한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 수위-유량관계곡선의 작성 방법과 자연하천에서 곡선이 불안정해지는 원인을 묻는 문제이다.

핵심 개념

수위-유량관계곡선은 같은 관측소에서 동시에 측정한 수위와 유량의 대응관계를 나타낸 곡선이다. 안정된 하천단면에서는 하나의 수위에 하나의 유량이 대응하지만, 배수·하상변동·수위의 급격한 변화가 있으면 관계가 산포하거나 고리형이 될 수 있다.

선지별 해설

① O. 수위관측소에서 수위와 그 시점의 유량을 동시에 관측하여 수위와 유량의 대응관계를 나타낸 것이 수위-유량관계곡선이다.

② O. 저수위부터 갈수위·평수위·풍수위·홍수위까지 넓은 수위 범위에서 유량을 측정해야 전 수위 구간에 신뢰성 있는 관계곡선을 작성할 수 있다.

③ O. 자연하천에서는 수위가 상승할 때와 하강할 때 같은 수위라도 유량이 달라질 수 있어 수위-유량관계가 고리형을 나타낸다.

④ X. 틀린 표현은 '분산정도가 작기 때문에'이다. 하상변동이 큰 구간에서는 하천단면과 조도 등이 변하여 같은 수위에서의 유량이 달라지므로 관측자료의 분산정도가 커진다. 올바르게는 '분산정도가 크므로 작성된 수위-유량관계곡선을 주의하여 사용해야 한다'이다.

NoteBase

오답 포인트

④는 하상변동이 관계곡선의 신뢰도를 낮춘다는 결론은 맞지만, 그 원인을 '분산정도가 작다'고 반대로 서술하였다. 하상 변화가 클수록 수위-유량 관측점은 더 흩어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

수위-유량관계의 안정성 문제에서는 같은 수위에 유량이 하나로 모이면 안정적 관계, 유량이 여러 값으로 흩어지면 불안정한 관계로 판단한다. 하상변동·배수·홍수기의 부정류는 산포 또는 고리형 관계의 원인이다.

암기 포인트

하상변동 큼 → 관측점 산포 큼 → 수위-유량곡선 사용에 주의한다.

NoteBase

문 18. 폭 2m, 수심 1m인 직사각형 개수로에서 $0.5\mathrm{m}^3/\mathrm{sec}$의 유량으로 물이 흐르는 경우의 흐름 상태는? (단, 동점성계수 $\nu = 1.0 \times 10^{-6}\mathrm{m}^2/\mathrm{sec}$, 중력가속도 $g = 9\mathrm{m}/\mathrm{sec}^2$이다)

① 난류, 상류

② 층류, 사류

③ 층류, 상류

④ 난류, 사류

정답 1번

출제 포인트

직사각형 개수로의 레이놀즈수로 난류·층류를, 프루드수로 상류·사류를 판정하는 문제이다.

조건 정리

수로 폭은 $2m$, 수심은 $1m$, 유량은 $0.5m^3/s$, 동점성계수는 $1.0 \times 10^{-6}m^2/s$, 중력가속도는 $9m/s^2$이다.
단면적은 $A = 2 \times 1 = 2m^2$, 평균 유속은 $V = Q/A = 0.5/2 = 0.25m/s$이다.
윤변은 $P = 2 + 2 \times 1 = 4m$이므로 동수반경은 $R = A/P = 2/4 = 0.5m$이다.

사용할 공식

흐름의 난류·층류는 $Re = VR/\nu$로, 상류·사류는 $Fr = V/\sqrt{gh}$로 판정한다. 개수로에서는 Re가 충분히 크면 난류이고, $Fr < 1$이면 상류이다.

계산 과정

1. 레이놀즈수는 $Re = \frac{VR}{\nu} = \frac{0.25 \times 0.5}{1.0 \times 10^{-6}} = 1.25 \times 10^5$ 이다. 층류 한계보다 매우 크므로 난류이다.
2. 프루드수는 $Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} = \frac{0.25}{\sqrt{9 \times 1}} = \frac{0.25}{3} \approx 0.083$ 이다.
3. $Fr < 1$이므로 상류이며, 따라서 흐름 상태는 난류·상류이다.

선지 판단

① O. $Re = 1.25 \times 10^5$이므로 난류이고 $Fr \approx 0.083 < 1$이므로 상류이다.
② X. '층류, 사류'가 틀린 표현이다. 레이놀즈수는 매우 커서 층류가 아니며, 프루드수도 1보다 작아 사류가 아니다. 올바르게는 '난류, 상류'이다.
③ X. '층류'가 틀린 표현이다. 상류 판정은 맞지만 Re가 매우 크므로 난류이다. 올바르게는 '난류, 상류'이다.
④ X. '사류'가 틀린 표현이다. 난류 판정은 맞지만 $Fr < 1$이므로 사류가 아니라 상류이다. 올바르게는 '난류, 상류'이다.

NoteBase

오답 포인트

난류·층류와 상류·사류는 서로 다른 무차원수로 판정한다. ③처럼 난류 판정은 레이놀즈수로, ④처럼 상류 판정은 프루드수로 각각 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 A와 $V = Q/A$를 구한다. 이어 $Re = VR/\nu$로 난류·층류를, $Fr = V/\sqrt{gh}$로 상류·사류를 분리하여 판정한다.

암기 포인트

Re는 점성의 영향으로 난류·층류를, Fr는 중력파와 유속의 관계로 상류·사류를 가른다. $Fr < 1$이면 상류이다.

NoteBase

문 19. 개수로에서 도수 발생 시 사류 및 상류수심을 각각 h_1, h_2라 하고, 단위 폭당의 유량이 q일 때, 옳지 않은 것은?

① 도수는 사류에서 상류로 변할 때 발생한다.

② 도수 전후의 수위차가 클수록 에너지의 감쇠효과가 작아진다.

③ 상류수심 $h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{4} + \frac{2q^2}{g \cdot h_1}}$이다. (단, g는 중력 가속도이다)

④ 도수 후의 수심은 증가한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직사각형 개수로에서 도수 전후의 공액수심 관계와 에너지 손실을 판단하는 문제이다.

조건 정리

도수 전 사류수심은 h_1, 도수 후 상류수심은 h_2이다. 단위 폭당 유량은 q이고, 중력가속도는 g이다. 도수에서는 사류가 상류로 바뀌며 수심이 증가한다.

사용할 공식

직사각형 수로의 공액수심식은 $h_2 = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\frac{h_1^2}{4} + \frac{2q^2}{gh_1}}$이다. 도수에 따른 에너지 손실수두는 $\Delta E = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1h_2}$이다. 이 공식은 도수 전후 수심과 에너지 감쇄효과를 함께 판단하게 한다.

계산 과정

공액수심식에서 도수 후 수심 h_2는 도수 전 수심 h_1보다 커진다. 또한 $\Delta E = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1h_2}$이므로 수심차 $h_2 - h_1$가 커지면 에너지 손실도 커진다.

선지 판단

① O: 도수는 사류에서 상류로 급격히 전이할 때 발생한다.

② X: '에너지의 감쇄효과가 작아진다'가 틀렸다. 수위차, 즉 $h_2 - h_1$가 클수록 손실수두 ΔE가 커져 에너지의 감쇄효과도 커진다.

③ O: 제시된 식은 단위 폭당 유량 q를 사용한 직사각형 수로의 공액수심식으로, 도수 후 상류수심 h_2를 구하는 식이다.

④ O: 도수는 사류에서 상류로 바뀌는 현상이므로 도수 후 수심은 증가한다.

오답 포인트

②는 수심 증가와 에너지 손실의 방향을 반대로 연결한 선지이다. 도수가 클수록 흐름의 난류와 소산이 커져 에너지 손실도 커진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

도수 문제에서는 먼저 사류 → 상류 전이인지 확인하고, 다음으로 $h_2 > h_1$ 및 수심차 증가 → 에너지 손실 증가를 적용해 판단한다.

암기 포인트

도수: 사류 → 상류, 수심 증가, 수심차가 클수록 에너지 손실 증가이다.

NoteBase

문 20. 비에너지(specific energy)와 비력(specific force)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 유량이 일정하게 유지될 때 특정 비에너지와 비력에 대한 수심은 일반적으로 2개가 존재한다.

② 비에너지가 일정하게 유지될 때 유량이 최대가 될 경우의 수심을 한계수심이라 한다.

③ 비력곡선에서 유량이 일정하게 유지될 때 비력이 최대가 될 경우 수심을 한계수심이라 한다.

④ 유량이 일정하게 유지될 때 한계수심보다 수심이 낮은 경우의 흐름은 사류이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 개수로에서 비에너지와 비력의 수심 관계, 그리고 한계수심·등류수심으로 판단하는 하상경사를 묻는다.

핵심 개념

비에너지는 수로 바닥을 기준으로 한 단위중량당 에너지로, 단위폭 유량 q에 대해 $E = y + q^2/(2gy^2)$로 나타낸다.
비력은 단위폭당 운동량 함수로, $M = y^2/2 + q^2/(gy)$로 나타낸다.
유량이 일정할 때 비에너지와 비력은 모두 한계수심에서 최솟값을 가지며, 그보다 큰 같은 비에너지 또는 비력에는 일반적으로 상류수심과 사류수심의 두 수심이 대응한다.

선지별 해설

① O. 유량이 일정하고 비에너지 또는 비력이 각각 최솟값보다 큰 일정한 값이면, 이에 대응하는 수심은 일반적으로 2개이다. 다만 최솟값에서는 두 수심이 한계수심 1개로 일치한다.

② O. 비에너지를 일정하게 두고 유량이 최대가 되는 조건은 임계상태이며, 이때의 수심이 한계수심이다.

③ X. 틀린 표현은 '비력이 최대가 될 경우'이다. 유량이 일정한 비력곡선에서 비력은 한계수심에서 최소가 된다. 올바르게는 '비력이 최소가 될 경우의 수심을 한계수심이라 한다.'이다.

④ O. 등류수심이 한계수심보다 작으면 $y_n < y_c$이므로 급경사 수로이다.

오답 포인트

비에너지곡선과 비력곡선은 모두 한계수심에서 최소값을 갖는다. 비력곡선의 양쪽 끝이 커지는 모습을 보고 '최대'라는 표현을 고르면 오답이 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

유량 일정 조건이 보이면 먼저 한계수심에서의 극값을 확인한다. 비에너지와 비력은 모두 최소, 비에너지 일정에서 유량 최대는 한계상태, $y_n < y_c$는 급경사로 판단한다.

암기 포인트

비에너지·비력은 한계수심에서 최소, 등류수심이 더 작으면 급경사이다.

NoteBase