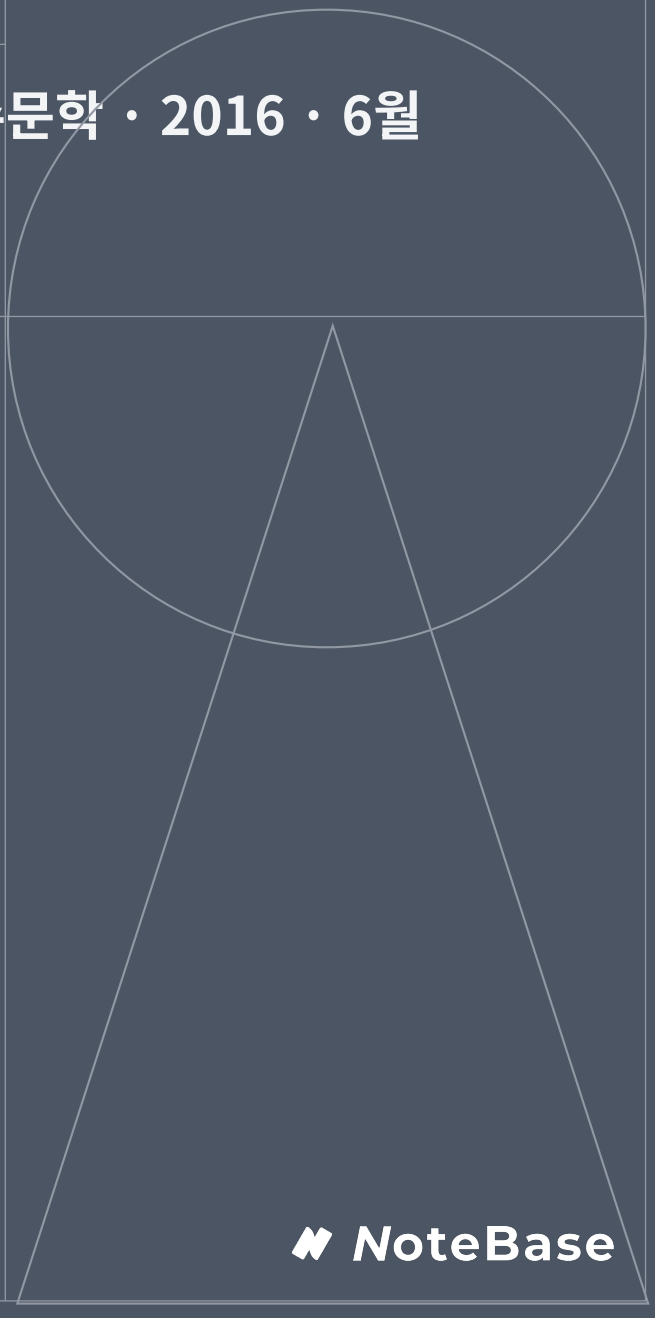
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2016 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2016 · 6월

공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2016 · 6월

문 1. 부피가 $7m^3$이고, 중량이 $8tonf$인 어떤 액체의 밀도 $[kgf \cdot sec^2/m^4]$에 가장 가까운 것은? (단, 중력가속도는 $10m/sec^2$이다.)

① 95.6

② 114.3

③ 150.6

④ 170.6

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 중량 W와 중력가속도 g로 질량 $m = W/g$를 구한 뒤, 밀도 $\rho = m/V$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 체적 $V = 7m^3$, 중량 $W = 8tonf = 8000kgf$, 중력가속도 $g = 10m/sec^2$이다.
구해야 할 값: 밀도 ρ $[kgf \cdot sec^2/m^4]$이다.
주의할 조건: 중량은 힘이므로 바로 체적으로 나누지 않고, 먼저 $m = W/g$로 질량으로 바꾼다.

사용할 공식

공식은 $m = W/g$, $\rho = m/V$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 밀도가 질량을 체적으로 나눈 값이기 때문이다. 문제에서 준 8 tonf는 질량이 아니라 중량이므로, 먼저 중력가속도로 나누어 질량 단위 $kgf \cdot sec^2/m$로 바꾼 뒤 체적으로 나누어야 한다.

계산 과정

1. 중량을 kgf로 쓰면 $8tonf = 8000kgf$이다.
2. 질량은 $m = W/g = 8000/10 = 800kgf \cdot sec^2/m$이다.
3. 밀도는 $\rho = m/V = 800/7 \approx 114.2857kgf \cdot sec^2/m^4$이다.
4. 따라서 가장 가까운 값은 114.3이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과는 약 114.3이므로 95.6은 맞지 않는다. 틀린 표현은 "95.6"이라는 수치이다. 올바르게는 "114.3에 가장 가깝다"이다.
② O: $\rho = 800/7 \approx 114.3$이므로 정답에 해당한다. 중량을 질량으로 환산한 뒤 체적으로 나눈 결과와 일치한다.
③ X: 계산 결과보다 크게 벗어난 값이다. 틀린 표현은 "150.6"이라는 수치이다. 올바르게는 "114.3에 가장 가깝다"이다.
④ X: 계산 결과보다 더 큰 값으로, 중량과 질량을 혼동하거나 나눗셈을 잘못하면 나올 수 있는 오답이다. 틀린 표현은 "170.6"이라는 수치이다. 올바르게는 "114.3에 가장 가깝다"이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 중량과 질량을 같은 것으로 보고 $8 tonf$를 바로 체적으로 나누는 실수이다. 이 문제의 단위는 $[kgf \cdot sec^2/m^4]$이므로 반드시 $m = W/g$ 환산을 먼저 해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

밀도 계산형에서 중량이 주어지면 먼저 그것이 힘인지 질량인지부터 구분한다. 힘이면 g로 나누어 질량으로 바꾼 뒤, 마지막에 체적으로 나누고 단위가 $[kgf \cdot sec^2/m^4]$로 맞는지 검산한다.

암기 포인트

중량이 주어진 밀도 문제는 $\rho = W/(gV)$로 바로 정리할 수 있다.

NoteBase

문 2. 어떤 물체의 공기 중 무게는 50 kgf이고, 물 속에서의 무게가 20 kgf이라면 이 물체의 단위중량[kgf/m^3]에 가장 가까운 것은?

① 1333

② 1552

③ 1667

④ 1782

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 부력으로 물체의 체적을 구한 뒤 공기 중 무게를 체적으로 나누어 단위중량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 공기 중 무게 50 kgf, 물속 무게 20 kgf이다.
부력은 공기 중 무게와 물속 무게의 차이이므로 30 kgf이다.
물의 단위중량은 $1000 kgf/m^3$로 본다.

사용할 공식

부력은 $F_b = W_{air} - W_{water}$, 체적은 $V = F_b/\gamma_w$, 물체의 단위중량은 $\gamma = W_{air}/V$이다.
이 문제는 물속에서 줄어든 무게가 곧 부력이므로, 먼저 부력으로 체적을 구한 다음 실제 무게를 그 체적으로 나누어야 한다.

계산 과정

1. 부력을 구하면 $F_b = 50 - 20 = 30 kgf$이다.
2. 체적은 $V = 30/1000 = 0.03 m^3$이다.
3. 물체의 단위중량은 $\gamma = 50/0.03 = 1666.7 kgf/m^3$이다.
4. 가장 가까운 값은 1667이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X
- 1333kgf/m^{3}이면 체적이 $50/1333 \approx 0.0375m^3$가 된다.
- 이때 부력은 $1000 \times 0.0375 = 37.5kgf$, 물속 무게는 $50 - 37.5 = 12.5kgf$가 되어 조건의 20 kgf와 맞지 않는다.
- 1333이 아니라 약 1667kgf/m^{3}이어야 한다.

2번 X
- 1552kgf/m^{3}이면 체적이 $50/1552 \approx 0.0322m^3$가 된다.
- 이때 부력은 약 32.2 kgf, 물속 무게는 약 17.8 kgf가 되어 주어진 20 kgf와 다르다.
- 1552가 아니라 약 1667kgf/m^{3}이어야 한다.

3번 O
- 부력 30 kgf로부터 체적은 $0.03m^3$이고, 공기 중 무게 50 kgf를 나누면 $1666.7kgf/m^3$이다.
- 보기의 1667은 계산값에 가장 가깝기 때문에 옳다.

4번 X
- 1782kgf/m^{3}이면 체적이 $50/1782 \approx 0.0281m^3$가 된다.
- 이때 부력은 약 28.1 kgf, 물속 무게는 약 21.9 kgf가 되어 조건의 20 kgf와 맞지 않는다.
- 1782가 아니라 약 1667kgf/m^{3}이어야 한다.

오답 포인트

수중중량 20 kgf를 그대로 분자에 쓰거나, 공기 중 무게와 수중중량의 차이 30 kgf를 단위중량으로 오해하면 오답이 나온다. 이 문제의 핵심은 줄어든 무게가 부력이라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

공기 중 무게와 물속 무게가 함께 주어지면 먼저 둘의 차로 부력을 구한다. 그다음 부력을 물의 단위중량으로 나누어 체적을 구하고, 마지막에 공기 중 무게를 체적으로 나누어 물체의 단위중량을 판단한다.

암기 포인트

공기 중 무게 - 물속 무게 = 부력, 부력 / 물의 단위중량 = 체적, 공기 중 무게 / 체적 = 물체의 단위중량이다.

NoteBase

문 3. 가로 2m, 세로 2m, 높이 2m인 수조에 물을 1m 깊이로 채우고, 이 수조가 아래 방향 5m/sec^{2}의 가속도로 내려올 때, 수조바닥에 작용하는 힘[tonf]은? (단, 중력가속도는 10m/sec^{2}이다.)

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 아래로 가속하는 수조에서 유효중력 $g-a$를 적용해 수조 바닥에 작용하는 정수압의 합력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 수조 바닥 면적 $A=2\times 2=4m^2$이다.
- 물의 깊이 $h=1m$이다.
- 중력가속도 $g=10m/s^2$이다.
- 수조의 아래 방향 가속도 $a=5m/s^2$이다.

구해야 할 값:
- 수조 바닥에 작용하는 힘 $[tonf]$이다.

주의할 조건:
- 수조가 아래로 가속하므로 물이 바닥을 누르는 유효중력은 $g-a=5m/s^2$로 줄어든다.

사용할 공식

사용 공식은 $F=pA=\rho(g-a)hA$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 수조가 아래로 등가속도 운동을 하면 물 내부의 정수압 분포가 실제 중력 g가 아니라 유효중력 $g-a$에 의해 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 유효중력을 구하면 $g-a=10-5=5m/s^2$이다.
2. 바닥 압력은 $p=\rho(g-a)h=1000\times 5\times 1=5000N/m^2$ 이다.
3. 바닥에 작용하는 힘은 $F=pA=5000\times 4=20000N$ 이다.
4. $1tonf=10000N$ 이므로 $F=20000N=2tonf$ 이다.

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2016 · 6월

선지별 해설

① X
- 계산 결과는 $2tonf$이므로 1은 맞지 않는다.
- 1은 유효중력 감소만 보고 바닥 면적 $4m^2$를 절반으로 잘못 반영했을 때 떠올리기 쉬운 값이다.
- 틀린 표현은 "1 tonf"이고, 올바르게는 "2 tonf"이다.

② O
- 유효중력 $g - a = 5m/s^2$를 적용하면 바닥 힘이 $2tonf$가 되므로 옳다.
- 물의 체적이 $4m^3$이므로 물의 질량은 $4t$이고, 그 유효중량은 $4 \times (5/10) = 2tonf$로 보아도 같은 결과가 나온다.

③ X
- 계산 결과는 $2tonf$이므로 3은 맞지 않는다.
- 3은 중력 감소를 일부만 반영하거나 면적과 수심을 섞어 계산했을 때 나오는 대표적 오답값이다.
- 틀린 표현은 "3 tonf"이고, 올바르게는 "2 tonf"이다.

④ X
- $4tonf$는 수조가 정지해 있을 때의 물 무게 $4t \times g$를 그대로 쓴 값이므로 이 문제 조건과 맞지 않는다.
- 이 문제에서는 아래 방향 가속도 때문에 유효중력이 절반으로 줄어든다.
- 틀린 표현은 "4 tonf"이고, 올바르게는 "2 tonf"이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 수조가 아래로 가속할 때도 평소처럼 g를 그대로 넣어 4 tonf를 고르는 실수이다. 이 문항은 압력 자체가 g가 아니라 $g - a$에 비례한다는 점을 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

가속 수조 문제는 먼저 가속 방향을 보고 유효중력을 $g \pm a$로 바꾼 뒤, 정수압 $p = \rho h g_{eff}$와 바닥 힘 $F = pA$ 순서로 계산하면 된다.

암기 포인트

아래로 가속하는 수조는 가벼워지고, 위로 가속하는 수조는 무거워진다. 따라서 유효중력은 아래 가속이면 $g - a$, 위 가속이면 $g + a$이다.

NoteBase

문 4. 다음 중 정수압의 성질을 설명한 것으로 옳지 않은 것은?

① 유체 내 한 점에 작용하는 정수압은 모든 방향으로 그 크기가 같다.

② 정지유체 내에서 정수압과 전단응력이 함께 작용한다.

③ 정수압은 작용하는 면에 항상 수직으로 작용한다.

④ 정수압의 크기는 수심에 비례하며, 깊이가 같은 임의 점에서 정수압은 항상 같다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 정지유체에서의 정수압 성질과 전단응력의 존재 여부를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

정수압은 정지유체 내부의 한 점에서 모든 방향으로 같은 크기를 가지는 압축응력이며, 어떤 면에 대해서는 그 면에 수직으로 작용한다.
전단응력은 면에 접선방향으로 작용하는 응력인데, 정지유체에서는 존재하지 않고 유체가 운동하거나 변형될 때 나타난다.

선지별 해설

1번 O: 유체 내부 한 점에 작용하는 정수압은 방향에 따라 달라지지 않는다. 정지유체의 한 점에서는 압력이 등방적으로 작용하므로 옳다.
2번 X: 틀린 부분은 "전단응력이 함께 작용한다"이다. 정지유체 내부에서는 전단응력이 0이고 정수압만 작용한다. 올바르게는 "정지유체 내에서는 정수압만 작용한다"이다.
3번 O: 정수압은 항상 작용면에 수직으로 작용한다. 압력은 접선방향 성분이 없는 법선응력이므로 옳다.
4번 O: 정수압의 크기는 수심에 비례하고, 같은 정지유체에서는 같은 깊이의 점에서 압력이 같다. 이는 $p = \rho g h$ 의 성질과 일치하므로 옳다.

오답 포인트

정지유체와 운동유체를 구분하지 않으면 2번에 흔들린다. 전단응력은 점성유체의 유동에서 나타나는 성분이지 정지유체의 정수압 성질이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 유체가 정지 상태인지부터 확인한다. 정지유체이면 전단응력은 없고, 압력은 면에 수직으로 작용하며, 같은 깊이에서는 같은 압력을 가진다고 판단하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

정지유체는 전단 0, 정수압은 수직 작용, 같은 깊이면 같은 압력이다.

NoteBase

문 5. 대기압과 관련된 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

① 대기압은 토리첼리의 실험으로 측정될 수 있다.

② 대기압은 약 10m 높이의 물기둥이 발휘하는 압력과 같다.

③ 표준대기압은 1,013mb이다.

④ 대기압은 계기압력으로 760mmHg에 해당한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 대기압의 기본 개념과 표준대기압의 수치, 그리고 절대압력과 계기압력의 차이를 정확히 구분하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

대기압: 공기가 지표면에 가하는 압력으로 토리첼리 실험, 수은주 760mm, 약 1,013mb, 약 10.3m 물기둥과 대응한다.
표준대기압: 1기압을 기준으로 한 대표값으로 760mmHg, 1,013mb 정도로 나타낸다.
절대압력과 계기압력: 절대압력은 완전진공을 기준으로 한 압력이고, 계기압력은 대기압을 기준으로 한 압력이다.

선지별 해설

① O
토리첼리의 수은주 실험은 대기압의 존재와 크기를 측정한 대표적 실험이므로 옳다.
② O
1기압은 대략 10.3m 높이의 물기둥이 만드는 압력과 같으므로 약 10m라고 한 표현은 개략값으로 타당하다.
③ O
표준대기압은 약 1,013mb이다. 보다 정확히는 1,013.25mb이지만 시험에서는 1,013mb로 많이 쓴다.
④ X
틀린 부분은 '계기압력으로 760mmHg'라는 표현이다.
대기압 1기압은 절대압력으로는 760mmHg에 해당하지만, 대기압을 기준으로 한 계기압력으로는 0이다.

오답 포인트

760mmHg라는 수치를 보면 곧바로 대기압이라고만 기억해 ④를 옳다고 보기 쉽다. 이 문항의 함정은 압력의 크기 자체가 아니라 그 기준이 절대압력인지 계기압력인지에 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

대기압 관련 수치가 나오면 먼저 기준 압력이 무엇인지 확인한다. 수은주 760mm, 약 1,013mb, 약 10.3m 물기둥은 모두 1기압의 대표값이고, 계기압력은 대기압을 0으로 놓는 값이라는 점으로 판단하면 된다.

암기 포인트

1기압은 760mmHg, 1,013mb, 약 10.3mH2O이고, 대기압의 계기압력은 0이다.

NoteBase

문 6. 오리피스의 지름이 1.0cm이고, 수축부(vena contracta)의 지름이 0.9cm일 때, 유량계수는 얼마인가? (단, 유속계수는 0.9이다.)

① 0.61

② 0.65

③ 0.73

④ 0.78

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 오리피스의 유량계수 C_d를 구할 때 수축계수 C_c를 지름비가 아니라 면적비로 계산하는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 오리피스 지름 $d_o = 1.0cm$, 수축부 지름 $d_c = 0.9cm$, 유속계수 $C_v = 0.9$이다.
구해야 할 값은 유량계수 C_d이다.
주의할 조건은 수축계수는 단순 지름비가 아니라 단면적비라는 점이다.

사용할 공식

수축계수는 $C_c = \frac{A_c}{A_o} = \left(\frac{d_c}{d_o}\right)^2$이다.
유량계수는 $C_d = C_c C_v$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 수축부 지름과 유속계수가 함께 주어졌으므로 먼저 수축계수를 구한 뒤 두 계수를 곱해 유량계수를 계산하는 상황이기 때문이다.

계산 과정

1. 수축계수는 $C_c = \left(\frac{0.9}{1.0}\right)^2 = 0.81$이다.
2. 유량계수는 $C_d = C_c C_v = 0.81 \times 0.9 = 0.729$이다.
3. 이를 소수 둘째 자리로 보면 0.73이므로 정답은 3번이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
0.61은 수축계수와 유속계수를 중복 적용해 실제보다 작게 계산한 값이다. 올바르게는 $C_c = 0.81$, $C_d = 0.81 \times 0.9 = 0.729 \approx 0.73$이다.

② X
0.65는 지름비 0.9를 한 번 더 제곱하는 식으로 계수를 과도하게 줄였을 때 나오는 값에 가깝다. 올바르게는 면적비 제곱은 C_c를 구할 때 한 번만 적용하고, 이후에는 $C_v = 0.9$를 한 번만 곱한다.

③ O
$C_c = 0.81$, $C_v = 0.9$이므로 $C_d = 0.729$이고 반올림하면 0.73이다. 따라서 3번이 옳다.

④ X
0.78은 수축계수 0.81를 그대로 유량계수로 보거나 중간 반올림을 잘못한 값이다. 올바르게는 수축계수에 유속계수 0.9를 곱해야 하므로 $C_d = 0.73$이 된다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 수축부 지름 0.9를 그대로 수축계수로 보는 실수와, 면적비 계산 후 다시 같은 비를 한 번 더 제곱하는 실수이다. 유량계수는 C_c와 C_v의 곱이므로 지름비와 면적비를 구분하지 못하면 오답으로 이어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

오리피스에서 수축부 지름이 주어지면 먼저 수축계수를 면적비 $(d_c/d_o)^2$로 계산하고, 그다음 유속계수와 곱해 유량계수를 구하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

오리피스 계수 관계는 $C_c = A_c/A_o = (d_c/d_o)^2$, $C_d = C_c C_v$이다.

NoteBase

문 7. 개수로에서 지배단면(control section)에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?

① 상류(常流)의 경우 지배단면으로부터 상류(上流) 방향으로 수면곡선을 계산한다.

② 사류(射流)의 경우 지배단면으로부터 하류(下流) 방향으로 수면곡선을 계산한다.

③ 등류수심이 생기는 단면을 지배단면이라 한다.

④ 지배단면은 물이 상류(常流) 흐름인 완경사부를 거쳐 사류(射流) 흐름인 급경사부로 흐르는 경우에 발생한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 지배단면, 상류(常流), 사류(射流), 등류수심의 차이를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

지배단면은 수면곡선 계산의 경계조건이 되는 단면으로, 보통 한계수심이 형성되거나 수심-유량 관계가 지배되는 곳이다.
상류(常流)는 아임계류로서 $Fr < 1$이며 하류 조건의 영향을 크게 받는다.
사류(射流)는 상임계류로서 $Fr > 1$이며 상류에서 정해진 조건이 하류로 전달된다.
등류수심은 등류가 형성될 때의 수심이며, 지배단면의 대표 개념과 동일하지 않다.

선지별 해설

① O: 상류(常流)는 아임계류이므로 하류 쪽 경계조건이 수면형을 지배한다. 따라서 지배단면에서 출발하여 상류 방향으로 수면곡선을 계산한다.
② O: 사류(射流)는 상임계류이므로 상류에서 정해진 조건이 하류로 전달된다. 따라서 지배단면에서 출발하여 하류 방향으로 수면곡선을 계산한다.
③ X: 틀린 부분은 "등류수심이 생기는 단면"이다. 지배단면은 일반적으로 한계수심이 생기거나 수심이 제어되는 단면을 뜻하며, 등류수심이 생기는 단면은 등류단면으로 보는 것이 맞다.
④ O: 완경사부에서는 상류(常流)가, 급경사부에서는 사류(射流)가 나타나기 쉽다. 이 두 흐름 상태가 이어지는 전이부에서는 한계상태가 생겨 지배단면이 형성될 수 있다.

오답 포인트

③은 지배단면의 대표 수심을 등류수심으로 바꿔 넣은 함정이다. 지배단면은 한계수심과 연결해서 기억해야 하고, 등류수심은 충분히 발달한 등류 상태의 수심이라는 점을 구분해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

지배단면 문제는 먼저 그 단면이 계산의 경계조건인지 확인하고, 그 수심이 등류수심인지 한계수심인지부터 구분한다. 이후 상류(常流)는 하류 제어라서 상류 방향으로, 사류(射流)는 상류 제어라서 하류 방향으로 계산한다.

암기 포인트

지배단면은 한계수심, 상류는 하류 제어, 사류는 상류 제어이다.

NoteBase

문 8. 개수로의 점변류를 해석할 때 수면곡선의 경계조건과 관련된 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

① 수면곡선이 등류수심에 접근하는 경우 : 등류수심에 점근한다.

② 수면곡선이 한계수심에 접근하는 경우 : 한계수심에 직교한다.

③ 수심이 깊어지는 경우 : 수면은 수평을 유지한다.

④ 수면곡선이 수로바닥에 접근하는 경우 : 수로바닥에 점근한다.

정답 4번

출제 포인트

개수로 점변류의 수면곡선이 등류수심, 한계수심, 매우 큰 수심, 수로바닥에 가까워질 때 어떤 형태로 접근하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

수면곡선의 기본식은 $\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - Fr^2}$이다.
등류수심은 $S_0 = S_f$가 되는 수심이므로 수면곡선이 점차 평행하게 접근한다.
한계수심은 $Fr = 1$인 수심이므로 분모가 0에 가까워져 수면곡선이 거의 직립한다.
수심이 매우 커지면 $Fr \to 0$, $S_f \to 0$가 되어 $dy/dx \to S_0$이므로 수면은 거의 수평이 된다.
수심이 0에 가까워져 수로바닥에 접근할 때는 수면곡선이 바닥을 따라가는 것이 아니라 급하게 직립하는 형태가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① O
등류수심에 가까워질수록 $S_0 - S_f \to 0$이므로 $dy/dx \to 0$이 된다. 따라서 수면곡선은 등류수심선에 점근적으로 접근한다.

② O
한계수심에서는 $Fr = 1$이 되어 기본식의 분모 $1 - Fr^2$가 0이 된다. 따라서 수면곡선은 한계수심선에 직교하는 것처럼 거의 수직으로 접근한다.

③ O
수심이 매우 깊어지면 유속이 작아져 Fr와 S_f가 모두 작아진다. 이때 $dy/dx \to S_0$가 되어 바닥 경사만큼 수심이 변하므로 수면고는 거의 일정해져 수면은 수평에 가까워진다.

④ X
틀린 표현은 "수로바닥에 접근한다"이다. 수심이 0에 가까워질 때 수면곡선은 수로바닥을 따라 붙는 것이 아니라 거의 수직으로 서면서 바닥에 접근한다. 올바르게는 "수면곡선이 수로바닥에 접근하는 경우 수로바닥에 직교에 가깝게 접근한다"이다.

오답 포인트

④는 "한계수심에 직교"라는 성질을 "수로바닥 접근"에도 그대로 옮겨 놓으면 헷갈리기 쉽다. 바닥에 접근할 때는 접선 방향이 바닥과 나란한지, 수직에 가까운지를 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

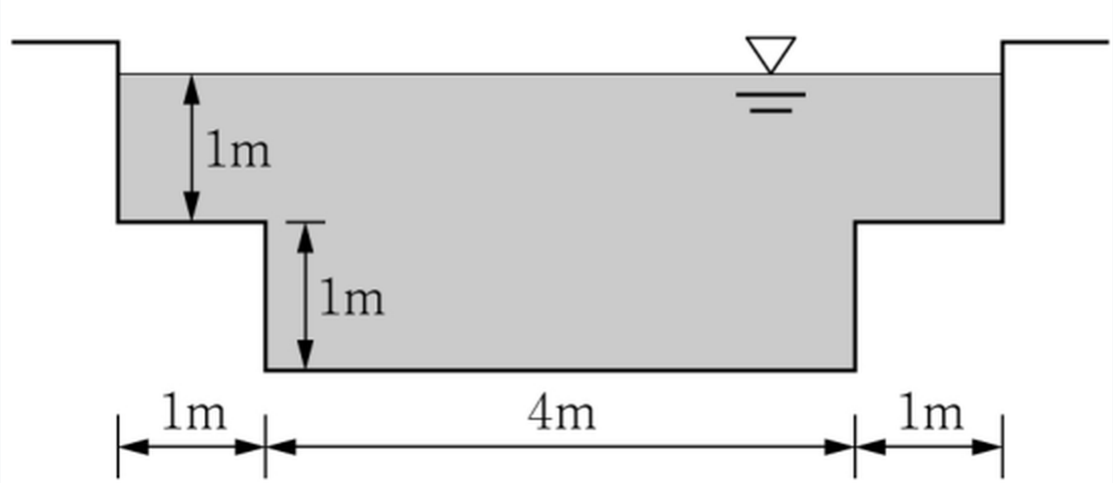
점변류 경계조건 문제는 등류수심이면 점근, 한계수심이면 직립, 매우 큰 수심이면 수평, 수로바닥이면 직립이라는 네 가지 접근 형태를 먼저 대응시키면 된다.

암기 포인트

등류수심은 점근, 한계수심은 직립, 깊은 수심은 수평, 바닥 접근은 바닥을 따라가지 않는다.

NoteBase

문 9. 아래 그림과 같이 좌우 대칭인 복단면 수로에서 하상경사가 0.001일 때, 마찰속도(u_*)는 얼마인가? (단, 중력가속도는 10m/sec^2이다.)



① 0.1m/sec

② 0.2m/sec

③ 0.3m/sec

④ 0.4m/sec

정답 1번

출제 포인트

복단면 개수로에서 단면적 A, 윤변 P, 동수반지름 $R = A/P$를 구한 뒤 $u_* = \sqrt{gRS}$로 마찰속도를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 하상경사 $S = 0.001$, 중력가속도 $g = 10m/sec^2$이다.
단면 형상: 상부는 폭 6m, 수심 1m이고 중앙 하부는 폭 4m, 추가 수심 1m이다.
구해야 할 값: 마찰속도 u_*이다.

사용할 공식

동수반지름은 $R = A/P$이고, 등류 개수로의 마찰속도는 $u_* = \sqrt{gRS}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 하상경사와 복단면 형상이 주어졌으므로 먼저 A와 P에서 R을 구한 뒤, 개수로 전단응력에 대응하는 마찰속도를 바로 계산할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면적은 상부 직사각형과 하부 직사각형을 합해 $A = 6 \times 1 + 4 \times 1 = 10m^2$이다.
2. 윤변은 바닥 4m, 바깥쪽 수직면 2개로 2m, 턱의 수평면 2개로 2m, 안쪽 수직면 2개로 2m이므로 $P = 4 + 2 + 2 + 2 = 10m$이다.
3. 동수반지름은 $R = A/P = 10/10 = 1m$이다.
4. 따라서 마찰속도는 $u_* = \sqrt{gRS} = \sqrt{10 \times 1 \times 0.001} = \sqrt{0.01} = 0.1m/sec$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 $u_* = 0.1m/sec$이므로 옳다.
② X: ②의 '0.2m/sec'가 틀렸고, 올바르게는 '0.1m/sec'이다. 단면적과 윤변을 정확히 구하면 동수반지름은 1m이어서 0.2가 될 수 없다.
③ X: ③의 '0.3m/sec'가 틀렸고, 올바르게는 '0.1m/sec'이다. u_*는 gRS의 제곱근으로 계산하므로 주어진 경사에서는 0.3까지 커지지 않는다.
④ X: ④의 '0.4m/sec'가 틀렸고, 올바르게는 '0.1m/sec'이다. 복단면이라고 해도 R이 1m이므로 계산값은 0.4가 아니라 0.1이다.

오답 포인트

복단면에서 단면적만 보고 윤변을 빠뜨리거나, 턱의 수평면과 안쪽 수직면을 윤변에서 누락하면 R을 크게 잘못 잡게 된다. 이 문제는 폭이 아니라 젖은 둘레 전체를 끝까지 세는지가 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

복단면 개수로 문제는 먼저 물에 잠긴 부분만 분해해서 A를 구하고, 이어서 실제로 물과 접하는 모든 면을 합해 P를 구한 다음, $R = A/P$와 $u_* = \sqrt{gRS}$ 순서로 판단한다.

암기 포인트

마찰속도는 $u_* = \sqrt{gRS}$이고, 복단면의 핵심은 동수반지름 $R = A/P$에서 윤변을 빠짐없이 세는 것이다.

NoteBase

문 10. 관수로의 마찰손실계수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 층류 흐름 상태에서 마찰손실계수는 레이놀즈수(Re)만의 함수이다.

② 천이류 영역에서 마찰손실계수는 레이놀즈수(Re)와 상대조도의 함수이다.

③ 매끈한 관에서 마찰손실계수는 레이놀즈수(Re)만의 함수이다.

④ 거친 관에서 마찰손실계수는 레이놀즈수(Re)와 상대조도의 함수이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 관수로 마찰손실계수가 유동 상태와 관의 조도에 따라 레이놀즈수만의 함수인지, 상대조도까지 함께 지배하는지를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

층류는 점성력이 지배적이어서 마찰손실계수가 레이놀즈수 Re에 의해서만 정해진다.
매끈한 관의 난류는 조도 돌기가 점성저층 안에 묻혀 있어 마찰손실계수가 사실상 Re의 함수로 본다.
천이류 영역은 Re와 상대조도의 영향을 함께 받는다.
거친 관의 완전난류는 조도 효과가 지배적이어서 마찰손실계수가 상대조도만의 함수가 된다.

선지별 해설

① O
층류에서는 Darcy 마찰손실계수가 Re에 의해 정해진다. 대표적으로 원형관 층류에서 $f = 64/Re$이므로 레이놀즈수만의 함수라는 설명이 옳다.

② O
천이류 영역에서는 유동이 불안정하고 조도 영향도 함께 나타나므로 마찰손실계수는 Re와 상대조도의 영향을 함께 받는 것으로 본다.

③ O
매끈한 관에서는 관벽 조도 영향이 거의 나타나지 않으므로 마찰손실계수는 Re에 의해 결정된다. 따라서 레이놀즈수만의 함수라는 설명이 옳다.

④ X
틀린 부분은 "레이놀즈수(Re)와 상대조도의 함수"라는 표현이다.
거친 관의 완전난류에서는 마찰손실계수가 상대조도만의 함수가 된다. 즉, 거친 관에서는 레이놀즈수 영향이 사라진다고 정리해야 맞다.

NoteBase

오답 포인트

②의 천이류와 ④의 거친 관을 같은 방식으로 외우면 틀리기 쉽다. 천이류는 Re와 상대조도를 함께 보지만, 거친 관의 완전난류는 상대조도만 본다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

마찰손실계수 문제는 먼저 유동 상태를 층류, 매끈한 관, 천이류, 거친 관으로 나눈다. 그다음 Re만 보나, 상대조도도 함께 보나, 상대조도만 보나를 대응시키면 정답을 빠르게 고를 수 있다.

암기 포인트

층류와 매끈한 관은 Re 중심, 천이류는 Re+상대조도, 거친 관은 상대조도만으로 정리된다.

NoteBase

문 11. 직선 원형관에서 유량 Q과 마찰손실계수 f는 일정하지만, 관경 D를 2배 크게 하였을 때, 마찰손실수두 h_L는 관경을 크게 하지 않았을 때 마찰손실수두의 몇 배인가?

① $\frac{1}{2}$
② $\frac{1}{8}$
③ $\frac{1}{16}$
④ $\frac{1}{32}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Darcy-Weisbach 식에서 유량 Q와 마찰손실계수 f가 일정할 때 관경 D 변화에 따라 마찰손실수두 h_L가 어떻게 비례하는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 조건: 직선 원형관, Q 일정, f 일정
- 변화 조건: 관경 D를 2배로 증가
- 구해야 할 값: 관경을 키운 뒤의 마찰손실수두가 기존의 몇 배인지
- 주의할 조건: 유속 V는 Q/A이므로 관경이 커지면 함께 변한다.

사용할 공식

$h_L = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}, \qquad V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2}$
이 문제는 직선 원형관의 마찰손실수두를 묻고 있고 f와 Q가 일정하므로 Darcy-Weisbach 식에 $V = 4Q/(\pi D^2)$를 대입해 D에 대한 비례관계를 정리하면 된다.

계산 과정

1. Q가 일정하면 $A \propto D^2$이므로 $V = Q/A \propto 1/D^2$이다.
2. 따라서 $V^2 \propto 1/D^4$이다.
3. Darcy-Weisbach 식에서 $h_L \propto (1/D) \cdot V^2$이므로
$h_L \propto \frac{1}{D} \cdot \frac{1}{D^4} = \frac{1}{D^5}$
4. 관경을 2배로 하면
$\frac{h_{L,2}}{h_{L,1}} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^5 = \left(\frac{1}{2}\right)^5 = \frac{1}{32}$
따라서 마찰손실수두는 기존의 1/32배가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 1/2는 식의 L/D만 보고 유속 변화 $V \propto 1/D^2$를 빠뜨렸을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 관경 효과를 $1/D$ 하나만 반영한 점이며, 올바르게는 $h_L \propto 1/D^5$이므로 1/32가 된다.

② X

- 1/8은 $h_L \propto 1/D^3$처럼 잘못 본 경우의 오답이다. 틀린 표현은 유속제곱항 V^2를 충분히 반영하지 않은 점이며, 올바르게는 $V^2 \propto 1/D^4$까지 포함해야 한다.

③ X

- 1/16은 $V \propto 1/D^2$까지만 보고 앞의 $1/D$ 항을 누락했을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 Darcy-Weisbach 식의 L/D 항을 빠뜨린 점이며, 올바르게는 $1/D \times 1/D^4 = 1/D^5$이다.

④ O

- Darcy-Weisbach 식에 $V = 4Q/(\pi D^2)$를 대입하면 $h_L \propto 1/D^5$가 된다. 따라서 관경을 2배로 하면 마찰손실수두는 $(1/2)^5 = 1/32$배가 되므로 옳다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 관경이 커지면 유속도 함께 변한다는 점을 놓치게 만드는 데 있다. $h_L = f(L/D)(V^2/2g)$에서 $1/D$만 보고 끝내면 ①로, $V \propto 1/D^2$만 보고 L/D를 빼먹으면 ③으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

관경 변화 문제는 먼저 손실식의 기본 형태를 쓴 뒤, Q 일정인지 V 일정인지를 확인하고, $V = Q/A$에서 $A \propto D^2$를 대입해 D의 지수를 한 번에 정리하면 된다.

암기 포인트

Q 일정인 원형관에서 Darcy-Weisbach 마찰손실수두는 $h_L \propto D^{-5}$이다.

NoteBase

문 12. 사각형 수로에서 유량은 $16m^3/sec$이고, 평균 유속은 $2m/sec$로 흐르게 하려고 한다. 단면을 수리학적으로 유리한 최적수리단면으로 설계할 때, 이 수로의 동수반경 [m]은 얼마인가?

① 0.5

② 1.0

③ 1.5

④ 2.0

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 유량과 평균 유속으로 단면적을 구한 뒤, 최적 직사각형 수로의 조건을 적용하여 동수반경을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 유량은 $16m^3/sec$, 평균 유속은 $2m/sec$이다.
구해야 할 값: 최적 직사각형 수로의 동수반경이다.
주의할 조건: 최적 직사각형 수로는 폭이 수심의 2배이므로 $b = 2y$이다.

사용할 공식

단면적은 $A = Q/V$이다.
동수반경은 $R = A/P$이다.
최적 직사각형 수로는 $b = 2y$이므로 $A = by = 2y^2$, $P = b + 2y = 4y$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 사각형 수로를 수리학적으로 유리한 최적수리단면으로 설계한다고 했기 때문이다.

계산 과정

1. 단면적은 $A = Q/V = 16/2 = 8m^2$이다.
2. 최적 직사각형에서 $A = 2y^2 = 8$이므로 $y^2 = 4$, 따라서 $y = 2m$이다.
3. 이때 폭은 $b = 2y = 4m$이고, 윤변은 $P = b + 2y = 4 + 4 = 8m$이다.
4. 동수반경은 $R = A/P = 8/8 = 1.0m$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $0.5m$는 계산 결과와 맞지 않는다. 동수반경은 $R = A/P$로 계산해야 하며, 최적 직사각형에서는 $R = 1.0m$이다. 올바르게는 동수반경은 $0.5m$가 아니라 $1.0m$이다.
② O: 단면적 $8m^2$와 최적 직사각형 조건 $b = 2y$를 적용하면 $y = 2m$, $b = 4m$, $P = 8m$가 되어 $R = 8/8 = 1.0m$이다.
③ X: $1.5m$는 최적 수리단면 조건을 반영한 값이 아니다. 이 문제는 먼저 $A = 8m^2$를 구하고, 그다음 $b = 2y$를 적용해야 한다. 올바르게는 동수반경은 $1.5m$가 아니라 $1.0m$이다.
④ X: $2.0m$는 계산 과정에서 나온 수심 y의 값이다. 동수반경은 수심 자체가 아니라 A/P이며, 최적 직사각형에서는 $R = y/2 = 1.0m$이다. 올바르게는 동수반경은 $2.0m$가 아니라 $1.0m$이다.

오답 포인트

수심 $y = 2m$를 그대로 동수반경으로 착각하면 ④로 흐르기 쉽다. 또 단면적을 먼저 구하지 않거나 최적 직사각형 조건 $b = 2y$를 놓치면 ①, ③ 같은 오답으로 이어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

수로 계산형 문제는 먼저 $Q = AV$로 단면적을 구하고, 다음에 최적 단면 조건을 적용한 뒤, 마지막에 $R = A/P$로 검산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

최적 직사각형 수로는 $b = 2y$, 동수반경은 $R = y/2$가 된다.

NoteBase

문 13. 하천 모형실험을 수행하고자 한다. 모형의 축적이 $\frac{1}{100}$이고, 모형에서 단위폭당 유량(q_m)이 $0.10m^3/sec/m$일 때, 원형의 단위폭당 유량(q_p)은 얼마인가? (단, 원형과 모형에서 중력가속도는 동일하다.)

① $50m^3/sec/m$

② $80m^3/sec/m$

③ $100m^3/sec/m$

④ $120m^3/sec/m$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 중력가속도가 같은 개수로 모형실험에서 Froude 상사를 적용하여 단위폭당 유량의 축척을 구할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값:
- 모형 축척은 1/100이므로 길이 축척은 $\lambda_L = L_p/L_m = 100$이다.
- 모형의 단위폭당 유량은 $q_m = 0.10m^3/s/m$이다.

구해야 할 값:
- 원형의 단위폭당 유량 q_p이다.

주의할 조건:
- 원형과 모형에서 중력가속도가 동일하므로 자유수면 흐름의 Froude 상사를 적용한다.

사용할 공식

단위폭당 유량은 $q = Vy$로 볼 수 있으므로 축척은 속도 축척과 수심 축척의 곱이 된다.

$\lambda_V = \sqrt{\lambda_L}, \quad \lambda_h = \lambda_L, \quad \lambda_q = \lambda_V \lambda_h = \lambda_L^{3/2}$

이 문제는 하천 모형실험의 자유수면 흐름이므로 Reynolds 상사보다 Froude 상사를 적용하는 상황이다.

NoteBase

계산 과정

1. 길이 축척은 $\lambda_L = 100$이다.
2. Froude 상사에서 속도 축척은 $\lambda_V = \sqrt{100} = 10$이다.
3. 단위폭당 유량 축척은
$\lambda_q = \lambda_L^{3/2} = 100^{3/2} = 1000$
이다.
4. 따라서 원형의 단위폭당 유량은
$q_p = \lambda_q q_m = 1000 \times 0.10 = 100 m^3/s/m$
이다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 $100 m^3/s/m$이므로 50은 맞지 않는다. 틀린 표현은 "50\,m^3/s/m"이고, 올바르게는 "100\,m^3/s/m"이다.
2번 X: 단위폭당 유량 축척은 $\lambda_L^{3/2} = 1000$이므로 80은 나올 수 없다. 틀린 표현은 "80\,m^3/s/m"이고, 올바르게는 "100\,m^3/s/m"이다.
3번 O: $q_p = 1000 \times 0.10 = 100 m^3/s/m$이므로 계산값과 일치한다.
4번 X: 120는 단위폭당 유량 축척 적용 결과와 다르다. 틀린 표현은 "120\,m^3/s/m"이고, 올바르게는 "100\,m^3/s/m"이다.

오답 포인트

전유량 축척 $\lambda_Q = \lambda_L^{5/2}$와 단위폭당 유량 축척 $\lambda_q = \lambda_L^{3/2}$를 혼동하면 틀리기 쉽다. 이 문제는 폭으로 나눈 값인 단위폭당 유량을 묻기 때문에 길이 축척 한 번이 빠진다.

다시 나오면 이렇게 판단

모형실험 계산형은 먼저 무엇의 축척인지부터 확인한 뒤, 자유수면 흐름이면 Froude 상사를 적용하고, 전유량인지 단위폭당 유량인지 구분하여 축척 지수를 정한다.

암기 포인트

자유수면 흐름에서 $V \sim L^{1/2}$, 단위폭당 유량 $q = Vy$이므로 $q \sim L^{3/2}$이다.

NoteBase

문 14. 지하의 토사층에서 지하수의 유속이 0.05cm/sec인 경우 수두차가 1m이면, 투과거리[cm]는 얼마인가? (단, 투수계수는 0.1cm/sec이다.)

① 200

② 300

③ 400

④ 500

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 다르시 법칙 $v = ki = k\frac{\Delta h}{L}$를 이용해 투과거리 L를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 지하수의 유속 $v = 0.05cm/sec$, 투수계수 $k = 0.1cm/sec$, 수두차 $\Delta h = 1m = 100cm$이다.
구해야 할 값: 투과거리 $L[cm]$이다.
주의할 조건: 수두차 $1m$를 반드시 $100cm$로 바꿔야 한다.

사용할 공식

사용 공식은 $v = ki = k\frac{\Delta h}{L}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 토사층 내 지하수의 유속, 투수계수, 수두차, 투과거리의 관계를 직접 연결하는 기본식이기 때문이다.

계산 과정

1. 수두차를 같은 단위로 맞추면 $1m = 100cm$이다.
2. $v = k\frac{\Delta h}{L}$에 대입하면 $0.05 = 0.1 \times \frac{100}{L}$이다.
3. 정리하면 $0.05 = \frac{10}{L}$, 따라서 $L = \frac{10}{0.05} = 200cm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O

- 계산 결과 투과거리는 $200cm$이므로 맞다.

② X

- 틀린 표현은 "투과거리가 300cm이다"이다. 올바르게는 "투과거리는 200cm이다"이다.
- $L = 300cm$라고 두면 $v = 0.1 \times \frac{100}{300} = 0.0333cm/sec$가 되어 제시된 유속 $0.05cm/sec$와 맞지 않는다.

③ X

- 틀린 표현은 "투과거리가 400cm이다"이다. 올바르게는 "투과거리는 200cm이다"이다.
- $L = 400cm$라고 두면 $v = 0.1 \times \frac{100}{400} = 0.025cm/sec$가 되어 조건보다 작다.

④ X

- 틀린 표현은 "투과거리가 500cm이다"이다. 올바르게는 "투과거리는 200cm이다"이다.
- $L = 500cm$라고 두면 $v = 0.1 \times \frac{100}{500} = 0.02cm/sec$가 되어 역시 조건과 맞지 않는다.

오답 포인트

유속과 투과거리는 정비례가 아니라 반비례 관계이다. 또한 수두차 $1m$를 그대로 1로 넣으면 단위가 틀어져 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 문제는 먼저 단위를 통일하고, 다음에 $v = k\frac{\Delta h}{L}$처럼 관계식을 세운 뒤, 미지수가 분모에 있으면 반비례 관계까지 확인하면서 계산한다.

암기 포인트

다르시 법칙에서 $v = k\frac{\Delta h}{L}$이므로 수두차가 같을 때 유속이 클수록 투과거리는 짧다.

NoteBase

문 15. 주어진 유역에 대하여 5년빈도 홍수를 산정하였을 때, 이것을 초과하는 홍수가 동일한 유역에 5년 동안 정확히 두 번 일어날 확률은 얼마인가?

① $\frac{64}{3125}$
② $\frac{128}{625}$
③ $\frac{2}{5}$
④ $\frac{64}{125}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 5년빈도 홍수의 연초과확률을 이용해 5년 동안 정확히 2번 초과할 확률을 이항분포로 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 5년빈도 홍수이므로 1년 동안 이를 초과할 확률은 $p = 1/5$이다.
- 구해야 할 값: 5년 동안 정확히 2번 초과할 확률이다.
- 주의할 조건: '정확히 두 번'이므로 두 해를 고르는 경우의 수 ${}_5C_2$를 반드시 곱해야 한다.

사용할 공식

이항분포 확률공식은 $P(X = k) = {}_nC_k p^k (1-p)^{n-k}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 매년 홍수 초과 여부를 성공과 실패의 두 경우로 보고, 같은 조건의 시행이 5년 동안 반복될 때 정확히 2번 초과할 확률을 구하는 상황이기 때문이다.

계산 과정

1. 5년빈도 홍수의 연초과확률은 $p = 1/5$, 비초과확률은 $1 - p = 4/5$이다.
2. 따라서 5년 동안 정확히 2번 초과할 확률은 $P(X = 2) = {}_5C_2 (1/5)^2 (4/5)^3$이다.
3. ${}_5C_2 = 10$, $(1/5)^2 = 1/25$, $(4/5)^3 = 64/125$이므로
$P(X = 2) = 10 \times \frac{1}{25} \times \frac{64}{125} = \frac{640}{3125} = \frac{128}{625}$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 선지값 $\frac{64}{3125}$는 $(1/5)^2(4/5)^3$까지만 계산한 값으로, 정확히 2번 일어나는 경우의 수 ${}_5C_2 = 10$이 빠져 있다.
- 틀린 값은 $\frac{64}{3125}$이고, 올바른 값은 $\frac{128}{625}$이다.

② O

- $\frac{128}{625}$는 ${}_5C_2(1/5)^2(4/5)^3$을 정확히 계산한 값이다.
- 5년 중 2년은 초과, 나머지 3년은 비초과인 모든 배열을 반영한 확률이므로 정답이다.

③ X

- 선지값 $\frac{2}{5}$는 정확히 2번 초과할 확률이 아니라, 문제 조건의 조합과 비초과확률을 반영하지 않은 값이다.
- 틀린 값은 $\frac{2}{5}$이고, 올바른 값은 $\frac{128}{625}$이다.

④ X

- 선지값 $\frac{64}{125}$는 $(4/5)^3$만 계산한 값으로, 2번 초과할 확률 $(1/5)^2$과 두 해를 고르는 경우의 수 ${}_5C_2$가 빠져 있다.
- 틀린 값은 $\frac{64}{125}$이고, 올바른 값은 $\frac{128}{625}$이다.

오답 포인트

5년빈도를 '5년에 한 번 반드시 발생한다'로 받아들이면 안 된다. 5년빈도는 연초과확률이 1/5라는 뜻이며, '정확히 두 번'이라는 표현 때문에 반드시 이항계수 ${}_5C_2$를 곱해야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

빈도 문제는 먼저 재현기간 T를 연초과확률 $p = 1/T$로 바꾸고, 그다음 'n년 동안 정확히 k번'이면 바로 ${}_nC_k p^k (1-p)^{n-k}$를 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

빈도 T년은 연초과확률 $1/T$이고, 정확히 k번 확률은 ${}_nC_k p^k (1-p)^{n-k}$이다.

NoteBase

문 16. 어떤 유역에 다음 표와 같은 시간분포로 강우량 기록을 보았을 때 ϕ-index는 얼마인가? (단, 유역 출구에서 측정한 지표유출량은 18mm이다.)

시간(hr)	0~1	1~2	2~3	3~4
강우량(mm)	15	10	3	17

① 5mm/hr

② 6mm/hr

③ 7mm/hr

④ 8mm/hr

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 ϕ-index를 적용하여 유효우량이 18mm가 되도록 평균 손실률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 1시간 간격 강우량이 순서대로 15mm, 10mm, 3mm, 17mm이다.
구해야 할 값: ϕ-index이다.
주의할 조건: 직접유출량 18mm는 각 시간대의 초과강우량 합과 같고, 강우량보다 큰 손실은 그 시간대에 적용되지 않는다.

사용할 공식

공식은 $\sum(P_i - \phi)^+ = 18$ 이다. 여기서 $(P_i - \phi)^+$는 각 시간대 강우량 P_i에서 ϕ-index를 뺀 값이 양수일 때만 초과강우로 계산하는 뜻이다.
이 공식을 쓰는 이유: ϕ-index는 강우 지속시간 동안 일정한 손실률로 가정하고, 남는 양의 합이 직접유출량과 같아지도록 정하는 지표이기 때문이다.

계산 과정

먼저 ϕ가 10mm/hr보다 크다고 가정하면 초과강우는 15mm와 17mm에서만 생겨
$(15 - \phi) + (17 - \phi) = 18$이 되고, 여기서 $\phi = 7$mm/hr가 나와 가정과 모순된다. 따라서 ϕ는 3과 10 사이에 있다.
이 구간에서는 15mm, 10mm, 17mm 시간대만 초과강우가 생기므로
$(15 - \phi) + (10 - \phi) + (17 - \phi) = 18$ 이다.
정리하면 $42 - 3\phi = 18$ 이고, $3\phi = 24$ 이므로 $\phi = 8$ mm/hr 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 5mm/hr를 대입하면 초과강우량은 $(15-5)+(10-5)+(17-5)=27$mm가 된다. 직접유출량 18mm보다 크므로 틀리다. 틀린 표현은 $\phi=5$라는 값이며, 올바르게는 $\phi=8$mm/hr이다.
② X: 6mm/hr를 대입하면 초과강우량은 $(15-6)+(10-6)+(17-6)=24$mm가 된다. 직접유출량과 맞지 않으므로 틀리다. 틀린 표현은 $\phi=6$이라는 판단이며, 올바르게는 $\phi=8$mm/hr이다.
③ X: 7mm/hr를 대입하면 초과강우량은 $(15-7)+(10-7)+(17-7)=21$mm가 된다. 이는 처음에 15mm와 17mm만 사용한 잘못된 가정에서 나온 값이므로 틀리다. 틀린 표현은 $\phi=7$이라는 값이며, 올바르게는 10mm 시간대도 초과강우에 포함하여 $\phi=8$mm/hr로 계산해야 한다.
④ O: 8mm/hr를 대입하면 초과강우량은 $(15-8)+(10-8)+(17-8)=7+2+9=18$mm가 된다. 주어진 직접유출량과 정확히 같으므로 옳다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 3mm 시간대는 제외하면서 10mm 시간대까지 함께 제외해 버리는 실수이다. 이 경우 $(15-\phi)+(17-\phi)=18$만 풀어 7mm/hr를 고르게 된다. ϕ를 구한 뒤에는 반드시 각 시간대에 다시 대입하여 어떤 구간이 초과강우에 포함되는지 재검산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

이런 문제는 직접유출량을 초과강우 합으로 놓고, ϕ의 크기에 따라 포함되는 시간대를 먼저 가정한 뒤 계산값을 다시 대입해 가정이 맞는지 확인하면 된다.

암기 포인트

ϕ-index는 일정 손실률이며, 유효우량은 각 시간대의 (강우량-ϕ)^+ 합으로 계산한다.

NoteBase

문 17. 어느 저수지에서 6개월 동안 관측된 강우량이 76cm이고 저수지로의 유입이 63cm, 유출고가 84cm이며, 저수량의 증가가 10cm, 지하수 충진량이 15cm라면 물수지방법을 이용할 경우 저수지 수표면에서의 월평균 증발량[cm]으로 옳은 것은? (단, 초기손실은 무시한다.)

① 3

② 30

③ 5

④ 50

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 저수지의 풀수지식 $P + I = O + E + G + \Delta S$로 6개월 총증발량을 구한 뒤 월평균으로 환산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 강우량 $P = 76cm$, 유입 $I = 63cm$, 유출고 $O = 84cm$, 저수량 증가 $\Delta S = 10cm$, 지하수 충진량 $G = 15cm$이다.
구해야 할 값은 6개월 동안의 총증발량 E와 이를 6으로 나눈 월평균 증발량이다.
초기손실은 무시하고, 답은 6개월 총량이 아니라 월평균이라는 점이 핵심이다.

사용할 공식

$P + I = O + E + G + \Delta S$
이 공식을 쓰는 이유는 관측기간 동안 저수지에 들어온 물의 총량이 나간 물의 총량과 저장량 변화의 합과 같기 때문이다.

계산 과정

1. 풀수지식에 수치를 대입한다.

$76 + 63 = 84 + E + 15 + 10$

2. 알려진 값을 정리한다.

$139 = 109 + E$

3. 6개월 총증발량을 구한다.

$E = 30cm$

4. 월평균으로 환산한다.

$30 \div 6 = 5cm$

따라서 저수지 수표면에서의 월평균 증발량은 $5cm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
3cm는 계산 결과와 맞지 않는다. 총증발량이 30cm이므로 6개월 평균은 30 ÷ 6 = 5cm이다.
틀린 값 3cm → 올바르게는 월평균 증발량이 5cm이다.

② X
30cm는 6개월 동안의 총증발량이다. 문제는 월평균 증발량을 묻고 있으므로 그대로 답이 될 수 없다.
틀린 값 30cm → 올바르게는 총증발량 30cm를 6으로 나눈 5cm이다.

③ O
풀수지식으로 구한 총증발량이 30cm이고, 이를 6개월로 나누면 월평균 5cm가 된다. 따라서 3번이 옳다.

④ X
50cm는 풀수지식과 일치하지 않는다. 76 + 63 − (84 + 15 + 10) = 30이므로 총증발량 자체가 50cm가 될 수 없다.
틀린 값 50cm → 올바르게는 총증발량 30cm, 월평균 5cm이다.

오답 포인트

유입과 강우량은 들어오는 항이고, 유출고·지하수 충진량·저수량 증가는 나가는 항 또는 저장 항으로 처리해야 한다.
30cm를 구한 뒤 바로 답으로 고르면 총량과 월평균을 혼동한 것이다.
저수량 증가 10cm를 부호 반대로 넣으면 증발량이 크게 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

저수지 수지문제는 먼저 각 항을 유입, 유출, 저장변화로 분류한 뒤 풀수지식에 넣어 총량을 구하고, 마지막에 요구값이 기간 총량인지 기간평균인지 확인하면 된다.

암기 포인트

풀수지법은 $P + I = O + E + G + \Delta S$의 구조이고, 기간평균은 총량을 기간으로 나눈 값이다.

NoteBase

문 18. 다음 중 증발과 관련한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 수표면 상부의 바람의 속도가 증가할수록 증발량은 감소한다.

② 수표면의 포화증기압이 증가할수록 증발량은 증가한다.

③ 수표면 상부 공기의 실제증기압이 감소할수록 증발량은 증가한다.

④ 수표면의 포화증기압과 수표면 상부 공기의 실제증기압의 차이가 클수록 증발량은 증가한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 증발량을 지배하는 핵심 인자와 증기압 차의 방향성을 정확히 구분하는지 묻는 문제이다.

핵심 개념

증발은 수면에서 공기 중으로 수증기가 이동하는 현상이며, 주된 구동력은 수표면의 포화증기압과 상부 공기의 실제증기압 차이이다.
수표면의 포화증기압은 해당 수온에서 수면이 낼 수 있는 최대 수증기압이고, 실제증기압은 공기 중에 현재 들어 있는 수증기압이다.
증발량은 일반적으로 증기압 차 $e_s - e_a$ 가 클수록, 그리고 바람이 강해 수면 위 포화 공기층이 잘 제거될수록 증가한다.

선지별 해설

① X: 바람의 속도가 증가하면 수면 바로 위의 습한 공기층이 제거되어 증기 이동이 쉬워지므로 증발량은 보통 증가한다. 틀린 표현은 "증발량은 감소한다"이다. 올바르게는 "수표면 상부의 바람의 속도가 증가할수록 증발량은 증가한다"이다.
② O: 수표면의 포화증기압이 커지면 실제증기압과의 차이가 커질 가능성이 높아져 증발 구동력이 커진다. 따라서 다른 조건이 같다면 증발량은 증가한다.
③ O: 수표면 상부 공기의 실제증기압이 감소한다는 것은 공기가 더 건조해진다는 뜻이므로, 수면과 공기 사이의 증기압 차가 커져 증발량이 증가한다.
④ O: 증발은 결국 수표면의 포화증기압과 상부 공기의 실제증기압 차이에 의해 좌우된다. 따라서 두 값의 차이가 클수록 증발량은 증가한다.

오답 포인트

①은 바람이 세면 수분이 빨리 사라진다는 일상 감각과 반대로 판단하면 헷갈리기 쉽다. 이 문항의 함정은 바람이 증발을 억제한다고 착각하게 만드는 "감소한다"라는 방향 표현이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

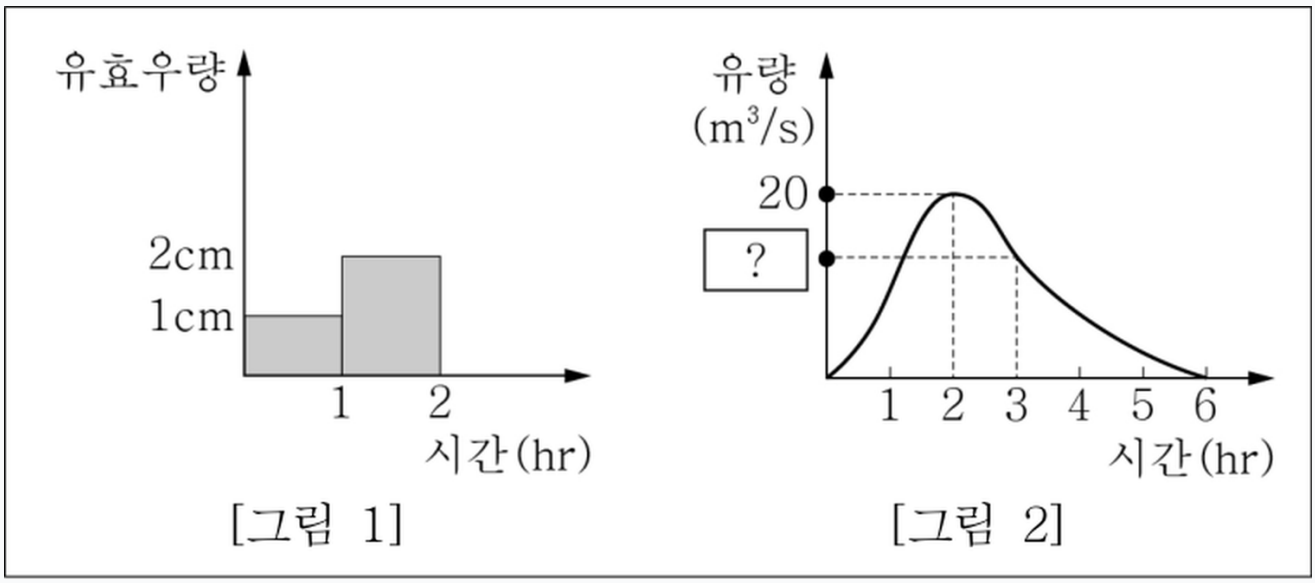
증발 문제는 먼저 증기압 차가 커지는 방향인지 줄어드는 방향인지 본다. 그다음 바람이 수면 위 포화 공기층을 제거해 증발을 돕는다는 점을 연결하면 선지의 O/X를 빠르게 판단할 수 있다.

암기 포인트

증발은 건조할수록, 바람이 강할수록, $e_s - e_a$ 가 클수록 증가한다.

NoteBase

문 19. 어느 유역에 [그림 1]과 같은 유효우량이 발생하였다. [그림 2]에 주어진 1시간-1cm 유효우량에 대한 단위유량도를 사용하여 강우발생 3시간 후에 대하여 산정한 유량이 $50m^3/s$이라면 단위유량도의 3시간에 해당하는 유량[m^3/s]은 얼마인가?



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 1시간 단위유량도를 유효우량에 시간 지체시켜 중첩하여 강우발생 3시간 후 유량을 구하는 계산형 문항이다.

조건 정리

- 주어진 유효우량: 첫 1시간 $1cm$, 다음 1시간 $2cm$
- 단위유량도 정보: 1시간-1cm 단위유량도에서 2시간 유량은 $20m^3/s$
- 구해야 할 값: 단위유량도의 3시간 유량 U_3
- 주의할 조건: 두 번째 $2cm$ 유효우량은 1시간 뒤에 시작하므로 3시간 시점에는 단위유량도 2시간 값이 대응된다.

NoteBase

사용할 공식

직접유출수문선은 단위도법의 선형 중첩으로 구한다.

$Q_t = \sum P_i U_{t-i+1}$

이 문제의 3시간 시점에는 첫 번째 $1cm$ 유효우량이 U_3만큼, 두 번째 $2cm$ 유효우량이 U_2만큼 기여하므로

$Q_3 = 1 \times U_3 + 2 \times U_2$

가 된다.

계산 과정

1. 그림 2에서 $U_2 = 20m^3/s$이다.
2. 문제에서 3시간 후 합성 유량은 $Q_3 = 50m^3/s$이다.
3. 따라서

$50 = 1 \times U_3 + 2 \times 20$

$50 = U_3 + 40$

$U_3 = 10m^3/s$

이므로 단위유량도의 3시간 유량은 $10m^3/s$이다.

선지별 해설

① X

- $U_3 = 5m^3/s$라면 합성 유량은 $1 \times 5 + 2 \times 20 = 45m^3/s$가 되어 조건의 $50m^3/s$와 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "3시간 유량이 5"라는 값이다. 올바르게는 "3시간 유량은 $10m^3/s$"이다.

② O

- $U_3 = 10m^3/s$를 대입하면 $1 \times 10 + 2 \times 20 = 50m^3/s$가 되어 문제 조건과 정확히 일치한다.

③ X

- $U_3 = 15m^3/s$라면 합성 유량은 $1 \times 15 + 2 \times 20 = 55m^3/s$가 되어 너무 크게 계산된다.
- 틀린 표현은 "3시간 유량이 15"라는 값이다. 올바르게는 "3시간 유량은 $10m^3/s$"이다.

④ X

- $U_3 = 20m^3/s$라면 합성 유량은 $1 \times 20 + 2 \times 20 = 60m^3/s$가 되어 조건보다 크다.
- 틀린 표현은 "3시간 유량이 20"이라는 값이다. 올바르게는 "3시간 유량은 $10m^3/s$"이다.

오답 포인트

함정은 두 번째 $2cm$ 유효우량의 기여 시점을 잘못 잡는 데 있다. 3시간 시점에서 첫 번째 유효우량은 단위유량도 3시간 값과, 두 번째 유효우량은 단위유량도 2시간 값과 대응한다는 시간 지체를 놓치면 20, 15, 5 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

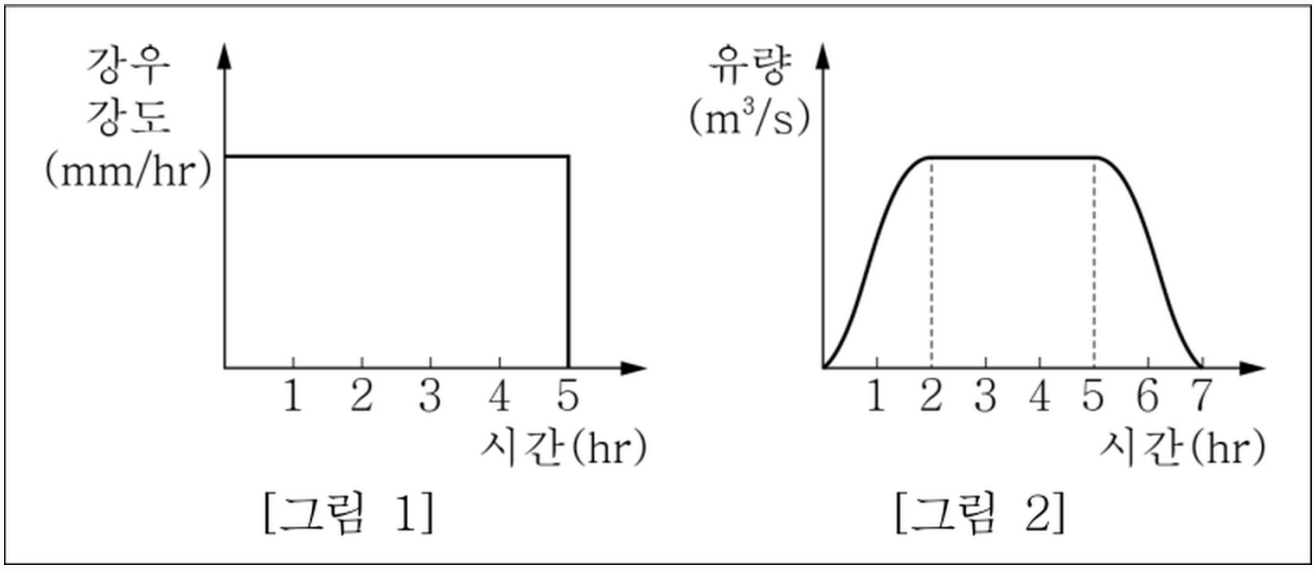
단위도 계산 문제는 먼저 유효우량 블록별 시작 시각을 적고, 묻는 시점에서 각 블록이 단위유량도의 몇 시간 값과 대응하는지 맞춘 뒤 중첩합 $\sum P_i U_i$로 계산하면 된다.

암기 포인트

단위도법은 "유효우량 크기만큼 배수하고, 시작 시각만큼 시간 이동해 더한다"로 정리된다.

NoteBase

문 20. 소규모 유역에 [그림 1]과 같은 강우가 유역 전반에 발생하였으며, 동일 강우에 대하여 유역의 출구에서 관측된 유량은 [그림 2]와 같다. 이 유역의 도달시간[hr]으로 옳은 것은?



① 2

② 3

③ 5

④ 7

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 등강우가 유역 전반에 계속될 때 유출수문곡선이 평형유출에 도달하는 시각과 강우 종료 후 감수부가 끝나는 시각을 이용하여 도달시간을 읽는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 도달시간은 유역의 최원점 유출이 출구에 도달하여 전 유역이 동시에 유출에 기여하기까지의 시간이다.
- 그림 2에서 유량이 더 이상 증가하지 않고 평탄해지는 시각이 2시간이므로 도달시간은 2시간이다.
- 또한 강우는 5시간에 끝나고 유출은 7시간에 0이 되므로 $7 - 5 = 2$시간으로 다시 확인된다.

② X
- 3시간이면 상승부가 3시간까지 이어져야 하는데, 그림 2의 평형유출 시작은 2시간이다.
- 틀린 표현은 도달시간을 3시간으로 본 점이다.
- 올바르게는 평형유출 시작 시각과 강우 종료 후 감수 지속시간이 모두 2시간이므로 도달시간은 2시간이다.

③ X
- 5시간은 그림 1의 강우지속시간이지 도달시간이 아니다.
- 틀린 표현은 강우가 지속된 시간을 도달시간으로 본 점이다.
- 올바르게는 도달시간은 유역 응답특성으로서 그림 2의 평형유출 시작 시각인 2시간이다.

④ X
- 7시간은 직접유출이 완전히 끝나는 총 유출 지속시간이다.
- 틀린 표현은 유출 종료시각 자체를 도달시간으로 본 점이다.
- 올바르게는 유출 종료시각 7시간에서 강우 종료시각 5시간을 빼면 2시간이므로 도달시간은 2시간이다.

오답 포인트

강우지속시간 5시간, 총 유출 지속시간 7시간, 도달시간 2시간을 서로 혼동하기 쉽다. 이 문항은 그림 2의 평탄부 시작 시각을 읽지 못하면 5 또는 7을 고르기 쉬운 함정이 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

유역 전반에 일정한 유효우가 내릴 때는 유출수문곡선이 평탄해지는 첫 시각을 먼저 본다. 그 시각이 도달시간이며, 강우 종료시각부터 유출이 0이 될 때까지의 시간도 같은 값으로 한 번 더 확인할 수 있다.

암기 포인트

등유효우 수문곡선에서 평탄부 시작시각 = 도달시간, 감수 종료시각 - 강우 종료시각 = 도달시간이다.

NoteBase