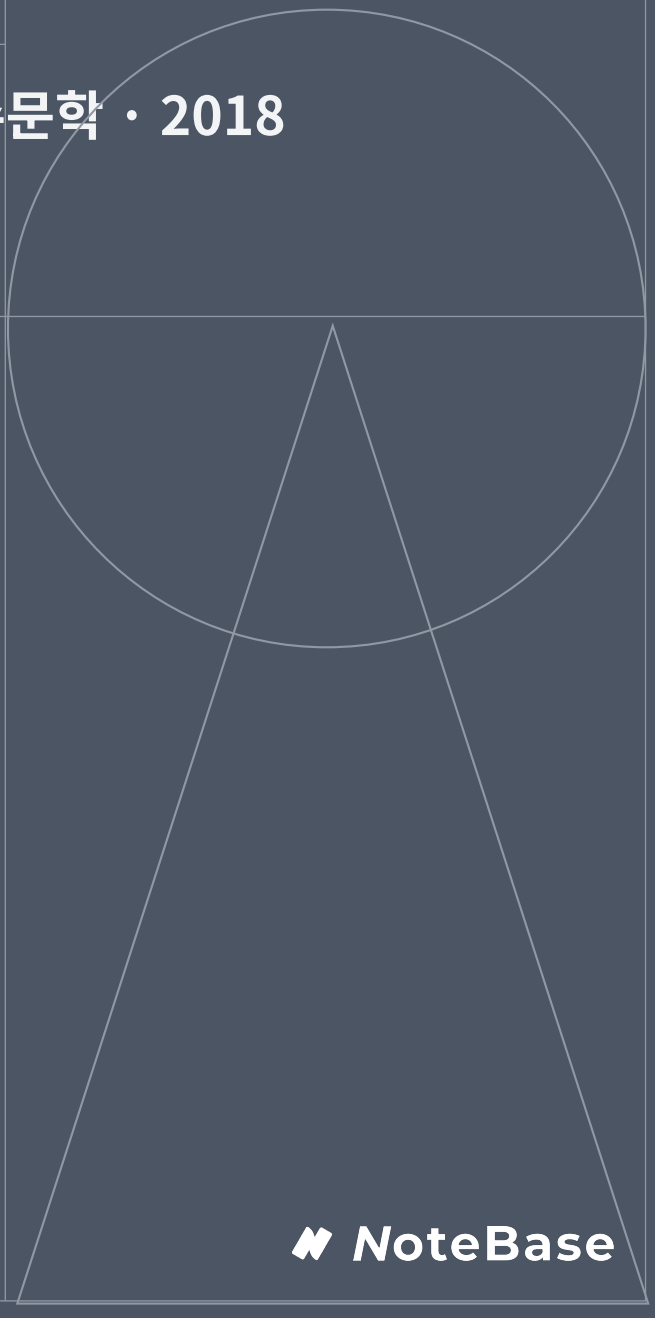
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2018



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2018

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2018

문 1. 댐 여수로에서 시간에 따라 유량이 변하는 흐름의 분류는?

① 정상 등류
② 정상 부등류
③ 부정 등류
④ 부정 부등류

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 흐름을 시간 기준의 정상·부정류와 공간 기준의 등·부등류로 구분하는 기준을 묻는 문제이다.

핵심 개념

정상류는 한 지점에서 유량·수심·유속이 시간에 따라 변하지 않는 흐름이다. 부정류는 한 지점의 흐름 상태가 시간에 따라 변하는 흐름이다. 등류는 흐름 방향을 따라 수심과 유속이 거의 일정한 흐름이고, 부등류는 흐름 방향을 따라 수심과 유속이 변하는 흐름이다. 댐 여수로의 흐름은 방류 조건에 따라 시간적으로 변하고, 여수로를 따라 수심과 유속도 달라지므로 부정 부등류에 해당한다.

선지별 해설

① X: 정상 등류는 시간적으로도 변하지 않고 공간적으로도 거의 일정한 흐름이다. 문제에서 이미 '시간에 따라 유량이 변하는' 흐름이라고 했으므로 '정상'이 틀린 표현이다. 올바르게는 부정류이며, 여수로에서는 공간 변화도 있으므로 부정 부등류이다.
② X: 정상 부등류는 공간적으로는 변하지만 시간적으로는 변하지 않는 흐름이다. 이 문항의 핵심 조건은 시간에 따라 유량이 변한다는 점이므로 '정상'이 틀린 표현이다. 올바르게는 부정 부등류이다.
③ X: 부정 등류는 시간적으로는 변하지만 흐름 방향을 따라 수심과 유속이 거의 일정해야 한다. 여수로 흐름은 경사와 단면 변화의 영향으로 위치에 따라 수심과 유속이 달라지므로 '등류'가 틀린 표현이다. 올바르게는 부정 부등류이다.
④ O: 시간에 따라 유량이 변하므로 부정류이고, 여수로를 따라 수심과 유속이 변하므로 부등류이다. 따라서 부정 부등류가 맞다.

NoteBase

오답 포인트

시간 변화만 보고 '부정류'까지만 판단하고, 공간 변화 여부를 놓치면 ③으로 오인하기 쉽다. 여수로처럼 경사면을 따라 흐르는 개수로 흐름은 위치에 따라 수심과 유속이 바뀌는 경우가 많다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 시간에 따라 변하는지를 보고 정상류와 부정류를 가른다. 그다음 흐름 방향을 따라 수심·유속이 일정한지를 보고 등류와 부등류를 가르면 된다. 시간 변화가 있고 공간 변화도 있으면 부정 부등류이다.

암기 포인트

시간이 변하면 부정류, 위치가 변하면 부등류이다.

NoteBase

문 2. 모래의 두께 2m, 투수계수 $k = 0.1\text{cm/s}$, 수두차 1m인 모래여과지에서 여과량이 $10\text{m}^3/\text{s}$일 때, 필요한 여과지의 면적$[\text{m}^2]$은?

① 10,000

② 20,000

③ 40,000

④ 80,000

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 다르시 법칙으로 모래 여과지의 필요 면적을 구하는 계산형 문항이다.

조건 정리

주어진 값은 모래 두께 $L = 2m$, 투수계수 $k = 0.1cm/s$, 수두차 $\Delta h = 1m$, 여과량 $Q = 10m^3/s$이다.
구해야 할 값은 여과지 면적 A이다.
주의할 조건은 투수계수를 m/s로 환산하고, 수두차 자체가 아니라 수두경사 $i = \Delta h/L$를 써야 한다는 점이다.

사용할 공식

사용할 공식은 $Q = kiA$, $i = \Delta h/L$이다.
이 문제는 모래층을 통과하는 정상 여과유량이 주어졌으므로 투수계수, 수두경사, 단면적의 곱으로 유량을 구하는 다르시 법칙을 적용한다.

계산 과정

$k = 0.1cm/s = 0.001m/s$이다.
$i = \Delta h/L = 1/2 = 0.5$이다.
따라서
$A = \frac{Q}{ki} = \frac{10}{0.001 \times 0.5} = 20{,}000m^2$
이므로 필요한 여과지 면적은 $20{,}000m^2$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과는 $20{,}000m^2$이므로 틀리다. '면적이 $10{,}000m^2$이다'가 틀린 표현이며, 올바르게는 '수두경사 $i = 1/2$를 반영하면 면적은 $20{,}000m^2$이다'이다. 이 값은 수두차 $1m$를 그대로 경사로 보고 모래 두께 $2m$를 빠뜨릴 때 나온다.
② O: $A = 20{,}000m^2$로 계산되므로 옳다. 투수계수 환산과 수두경사 계산을 모두 반영한 값이다.
③ X: 계산 결과와 두 배 차이가 나므로 틀리다. '면적이 $40{,}000m^2$이다'가 틀린 표현이며, 올바르게는 '투수계수 $0.1cm/s$를 $0.001m/s$로 환산하면 면적은 $20{,}000m^2$이다'이다. 이 값은 투수계수 환산을 잘못하거나 유효 투수속도를 실제보다 작게 잡을 때 생기는 대표적 과대계산값이다.
④ X: 계산 결과의 네 배이므로 틀리다. '면적이 $80{,}000m^2$이다'가 틀린 표현이며, 올바르게는 '단위 환산과 수두경사를 정확히 적용한 면적은 $20{,}000m^2$이다'이다. 이 값은 단위 환산 오류와 경사 계산 오류가 함께 겹친 과대한 결과이다.

오답 포인트

수두차 Δh와 수두경사 i를 같은 것으로 착각하면 ① 같은 값이 나온다. 또 $0.1cm/s$를 $0.001m/s$로 바꾸지 않으면 면적이 과대 또는 과소 계산된다.

다시 나오면 이렇게 판단

여과지 면적 문제는 먼저 k의 단위를 맞추고, 다음에 $i = \Delta h/L$를 계산한 뒤, 마지막에 $A = Q/(ki)$로 역산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

침투유량 문제는 $Q = kiA$, 경사는 $\Delta h/L$, 단위는 먼저 $cm/s \rightarrow m/s$로 정리한다.

NoteBase

문 3. 점성저층(viscous sublayer)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 점성저층에는 뉴턴의 점성법칙이 적용될 수 있다.

② 점성저층은 벽 근처에서 점성력이 흐름을 지배하여 난류의 영향이 없는 얇은 층이다.

③ 수리학적으로 매끈한 관과 거친 관은 점성저층의 두께와 관벽 조도의 비에 따라 구별된다.

④ 층류보다 난류일 때, 점성저층의 두께는 더 크다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 점성저층의 정의와 성질, 그리고 수리학적 매끈관·거친관을 가르는 기준을 정확히 구별하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

점성저층은 난류가 발생하는 관 흐름에서 벽면 바로 가까이에 형성되는 매우 얇은 층으로, 난류 혼합보다 점성력이 지배적이어서 속도분포가 거의 선형으로 나타나는 영역이다.
수리학적 매끈관은 조도 돌기가 점성저층 안에 묻혀 거칠기 영향이 거의 드러나지 않는 관이고, 수리학적 거친관은 조도 돌기가 점성저층을 뚫고 나와 난류 저항에 직접 영향을 주는 관이다.
구별의 핵심은 조도 높이와 점성저층 두께의 상대적 크기이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
점성저층에서는 전단응력이 주로 점성에 의해 전달되므로 뉴턴의 점성법칙을 적용할 수 있다. 벽면 근처 속도분포를 선형으로 보는 근거도 여기에 있다.

② O
점성저층은 벽 근처에서 점성력이 흐름을 지배하는 얇은 층이다. 이 영역에서는 난류 요동의 영향이 매우 작아 점성 작용이 우세하다.

③ O
수리학적으로 매끈한 관과 거친 관은 조도 돌기의 크기가 점성저층 두께에 비해 어느 정도인지를 기준으로 구별된다. 조도가 점성저층 안에 잠기면 매끈관, 점성저층을 뚫고 나오면 거친관으로 본다.

④ X
틀린 부분은 "층류보다 난류일 때, 점성저층의 두께는 더 크다"는 표현이다.
실제로는 난류일수록 벽면 근처 속도구배와 전단이 커져 점성저층이 더 얇아진다. 따라서 올바르게는 "층류보다 난류일 때 점성저층의 두께는 더 작다"고 정리하는 것이 맞다.

오답 포인트

④는 점성저층이 점성 지배층이라는 말만 보고 두께도 더 클 것이라고 거꾸로 연결하면 틀리기 쉽다. 실제 함정은 "점성이 지배적이다"와 "층이 두껍다"를 동일시하는 데 있다. 난류에서는 벽면 바로 근처의 아주 얇은 구간에서만 점성이 지배적이므로 점성저층은 오히려 더 얇다.

다시 나오면 이렇게 판단

벽면 근처 층을 묻는 문제가 나오면 먼저 "점성이 지배적인가", 그다음 "그 지배 구간의 두께가 조도보다 큰가 작은가"를 본다. 점성저층 두께보다 조도가 작으면 매끈관, 조도가 더 크면 거친관으로 판단하고, 난류가 강할수록 점성저층은 얇아진다고 정리하면 된다.

암기 포인트

점성저층은 벽면의 얇은 점성 지배층이고, 난류가 강할수록 더 얇아진다.

NoteBase

문 4. 어떤 유역의 10년 빈도 강우 강도식은 $I_{10} = \frac{3,000}{t+10}$[mm/hr]이며, 합리식을 이용한 10년 빈도 설계홍수량은 $80\text{m}^3/\text{s}$이다. 이 유역의 면적[km^2]은? (단, 유출계수는 0.6, 도달시간은 40분이다)

① 7.0

② 8.0

③ 9.0

④ 10.0

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 도달시간을 강우지속시간으로 보아 강우강도식을 적용한 뒤, 합리식으로 유역면적을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: $Q = 80m^3/s$, $C = 0.6$, $t = 40$분이다.
- 강우강도식: $I_{10} = \frac{3000}{t+10}[mm/hr]$이다.
- 구해야 할 값: 유역면적 $A[km^2]$이다.
- 주의할 조건: 합리식에서는 강우지속시간을 도달시간과 같게 두므로 $t = 40$을 그대로 대입한다.

사용할 공식

강우강도는

$I = \frac{3000}{t+10}$

합리식은

$Q = 0.278CIA$

이다.

이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 유출계수와 도달시간이 함께 주어졌고, 합리식을 이용한 설계홍수량이 제시되어 있으므로 먼저 해당 지속시간의 강우강도를 구한 뒤 A를 역산해야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 도달시간 $t = 40$분을 강우강도식에 대입하면
$I = \frac{3000}{40 + 10} = \frac{3000}{50} = 60[mm/hr]$
이다.
2. 합리식 $Q = 0.278CIA$에 $Q = 80$, $C = 0.6$, $I = 60$을 대입하면
$80 = 0.278 \times 0.6 \times 60 \times A$
이다.
3. 따라서
$A = \frac{80}{0.278 \times 0.6 \times 60} = 7.9936 \approx 8.0[km^2]$
이다.

선지별 해설

① X: $A = 7.0km^2$이면 $Q = 0.278 \times 0.6 \times 60 \times 7.0 \approx 70.1m^3/s$가 되어 주어진 설계홍수량 $80m^3/s$와 맞지 않는다. 틀린 표현은 '면적이 7.0'이며, 올바르게는 '면적은 약 $8.0km^2$'이다.
② O: 계산 결과 $A \approx 7.99km^2$이므로 반올림하면 $8.0km^2$이다. 주어진 설계홍수량과 합리식을 동시에 만족하는 값이다.
③ X: $A = 9.0km^2$이면 $Q \approx 90.1m^3/s$가 되어 설계홍수량보다 크게 계산된다. 틀린 표현은 '면적이 9.0'이며, 올바르게는 '면적은 약 $8.0km^2$'이다.
④ X: $A = 10.0km^2$이면 $Q \approx 100.1m^3/s$가 되어 설계홍수량을 과대평가한다. 틀린 표현은 '면적이 10.0'이며, 올바르게는 '면적은 약 $8.0km^2$'이다.

오답 포인트

도달시간 40분을 시간 단위로 억지 변환하거나, 합리식의 계수 0.278을 빼먹으면 다른 보기 값으로 흐르기 쉽다. 또 강우강도식에서 $t + 10$의 $+10$을 누락하면 강우강도가 커져 면적이 작게 왜곡된다.

다시 나오면 이렇게 판단

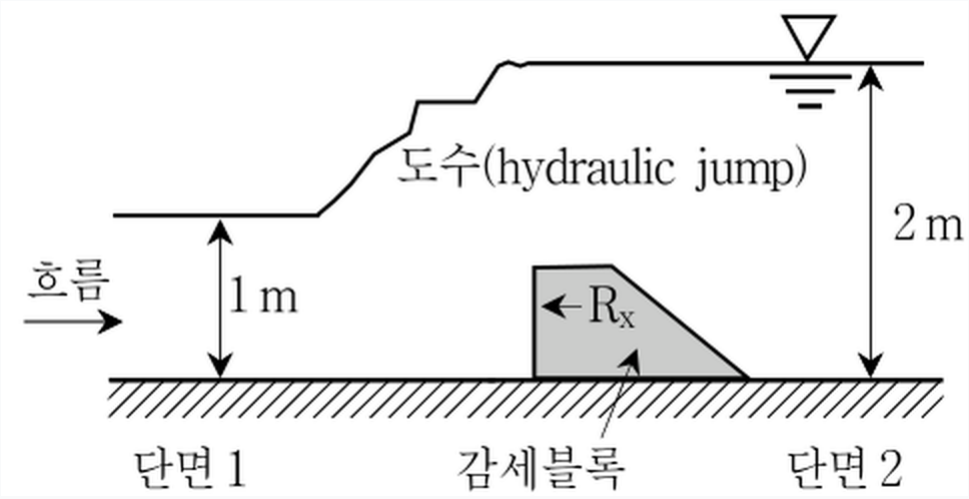
합리식 계산형 문제는 도달시간으로 강우강도를 먼저 구하고, $Q = 0.278CIA$에 대입해 미지수 하나를 역산하는 순서로 판단한다. 마지막에는 단위가 $Q[m^3/s]$, $I[mm/hr]$, $A[km^2]$ 조합인지 함께 검산한다.

암기 포인트

합리식은 $Q = 0.278CIA$이고, 지속시간은 도달시간과 같게 두어 강우강도를 먼저 정한다.

NoteBase

문 5. 유량이 $80m^3/s$, 폭이 $10m$인 직사각형 수로에 감세블록을 설치하여 그림과 같은 도수(hydraulic jump)가 발생하였다. 이 감세블록이 받는 힘[kN]은? (단, 하상과 수면에서의 마찰력은 무시하고, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$, 중력가속도는 $10m/s^2$이다)



① 50

② 70

③ 170

④ 470

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직사각형 수로에서 도수가 발생할 때 운동량 방정식을 이용해 감세블록이 받는 수평력의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 유량 $Q = 80m^3/s$, 수로 폭 $b = 10m$, 단면 1 수심 $y_1 = 1m$, 단면 2 수심 $y_2 = 2m$, 단위중량 $\gamma = 10kN/m^3$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값은 감세블록이 받는 수평력의 크기이다.
주의할 조건은 단면 1과 단면 2의 정수압, 그리고 유속 변화에 따른 운동량 변화를 함께 반영해야 한다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

수평방향 운동량 방정식은 $\sum F_x = \rho Q(V_2 - V_1)$이다.
직사각형 수로 단면의 정수압은 $P = \gamma b y^2/2$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 도수 전후로 수심과 유속이 달라져 수평방향 운동량이 변하고, 그 변화가 단면 정수압과 블록 반력의 합으로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 단면적과 유속을 구하면 $A_1 = by_1 = 10m^2$, $A_2 = by_2 = 20m^2$이므로 $V_1 = Q/A_1 = 8m/s$, $V_2 = Q/A_2 = 4m/s$이다.
2. 각 단면의 정수압은 $P_1 = \gamma b y_1^2/2 = 50kN$, $P_2 = \gamma b y_2^2/2 = 200kN$이다.
3. 흐름 방향을 $+x$로 두고 물에 대해 운동량 방정식을 쓰면 $P_1 - P_2 - R = \rho Q(V_2 - V_1)$이다. 여기서 $\rho = \gamma/g = 1000kg/m^3$이므로 $\rho Q(V_2 - V_1) = 1000 \times 80 \times (4 - 8) = -320kN$이다.
4. 따라서 $50 - 200 - R = -320$이므로 $R = 170kN$이다. 감세블록이 받는 힘의 크기는 $170kN$이다.

선지별 해설

① X
$50kN$은 단면 1의 정수압 P_1만 본 값이다. 단면 2의 정수압과 운동량 변화를 반영하지 못하므로 정답이 될 수 없다.
틀린 표현은 "감세블록이 받는 힘은 $50kN$이다"이고, 올바르게는 "감세블록이 받는 힘은 $170kN$이다"이다.

② X
$70kN$은 운동량 변화와 양 단면의 정수압을 함께 고려한 결과와 일치하지 않는다. 식 $R = P_1 - P_2 - \rho Q(V_2 - V_1)$에 대입하면 $170kN$이 나온다.
틀린 표현은 "감세블록이 받는 힘은 $70kN$이다"이고, 올바르게는 "감세블록이 받는 힘은 $170kN$이다"이다.

③ O
운동량 방정식으로 계산한 값이 $170kN$이므로 옳다. 유속 감소에 따른 운동량 변화와 하류측 정수압 증가를 함께 반영한 결과이다.

④ X
$470kN$은 단면 2의 정수압과 운동량 항의 부호를 잘못 처리해 같은 방향으로 더할 때 나오는 과대계산 값이다. 하류측 정수압은 흐름 반대방향으로 작용하므로 부호를 구분해야 한다.
틀린 표현은 "감세블록이 받는 힘은 $470kN$이다"이고, 올바르게는 "감세블록이 받는 힘은 $170kN$이다"이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제의 함정은 수심이 커진 하류측 정수압을 빼먹거나, 운동량 항과 정수압 항의 부호를 모두 같은 방향으로 처리하는 데 있다. 상류 정수압만 보면 $50kN$, 부호를 잘못 더하면 $470kN$처럼 잘못된 값이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

도수나 감세블록의 힘 문제는 먼저 각 단면의 면적과 유속을 구하고, 다음으로 각 단면의 정수압을 계산한 뒤, 마지막에 운동량 방정식에 부호를 넣어 정리하는 순서로 판단한다. 수평력은 정수압 차와 운동량 변화가 함께 결정한다.

암기 포인트

직사각형 수로의 수평력 문제는 정수압 차+운동량 변화를 함께 놓고 계산하는 유형이다.

NoteBase

문 6. 하천정비공사를 하기 위해 가물막이댐을 10년 빈도 홍수에 대해서 설계하였다. 하천정비공사를 4년간 할 경우, 가물막이댐이 세 번째 해에 월류될 확률(%)은?

① 0.81

② 1.62

③ 8.10

④ 16.2

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 10년 빈도 홍수의 연초과확률을 이용해 가물막이댐이 공사 기간 중 정확히 3년 차에 처음 월류될 확률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 10년 빈도 홍수이므로 1년 동안 설계홍수를 초과할 확률은 $p = \frac{1}{10} = 0.1$이다.
구해야 할 값: 가물막이댐이 세 번째 해에 월류될 확률이다.
주의할 조건: 세 번째 해에 월류된다는 말은 1, 2년 차에는 월류되지 않고 3년 차에 처음 월류되는 경우를 뜻한다.

사용할 공식

사용 공식은 $P = (1 - p)^2 \times p$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 3년 차에 처음 월류되려면 앞의 두 해는 비월류 사건이 연속으로 일어나고, 세 번째 해에만 월류 사건이 일어나야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 10년 빈도 홍수의 연초과확률은 $p = 0.1$이다.
2. 한 해에 월류되지 않을 확률은 $1 - p = 0.9$이다.
3. 따라서 세 번째 해에 처음 월류될 확률은
$(0.9)^2 \times 0.1 = 0.81 \times 0.1 = 0.081$
이다.
4. 백분율로 바꾸면 $0.081 \times 100 = 8.10\%$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
0.81은 $(0.9)^2$만 계산한 값으로, 앞의 두 해를 무사히 버틸 확률만 뜻한다. 세 번째 해에 실제로 월류될 확률 0.1이 빠져 있다. 틀린 표현은 '세 번째 해에 월류될 확률이 0.81이다'이고, 올바르게는 '세 번째 해 직전까지 버틸 확률이 0.81이다'이다.

② X
1.62는 구해야 할 사건확률과 맞지 않는 값이다. 세 번째 해 월류확률은 앞의 두 해 비월류확률과 세 번째 해 월류확률을 곱해야 하므로 0.081이어야 한다. 틀린 표현은 '세 번째 해에 월류될 확률이 1.62%이다'이고, 올바르게는 '세 번째 해에 처음 월류될 확률은 8.10%이다'이다.

③ O
$(0.9)^2 \times 0.1 = 0.081$이므로 백분율은 8.10%이다. 앞의 두 해는 안전하고 세 번째 해에 처음 월류되는 사건을 정확히 반영한 값이다.

④ X
16.2는 정답 8.10%를 잘못 두 배로 본 값으로, 세 번째 해에 처음 월류되는 단일 사건확률과 맞지 않는다. 틀린 표현은 '세 번째 해에 월류될 확률이 16.2%이다'이고, 올바르게는 '세 번째 해에 처음 월류될 확률은 8.10%이다'이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 '세 번째 해에 월류'를 단순히 세 번째 해까지의 생존확률 $(0.9)^2$로 착각하거나, 월류확률 0.1을 마지막에 한 번 더 곱해야 한다는 점을 놓치는 데 있다. 연속된 연도 사건에서는 '앞의 해 조건'과 '해당 해 사건'을 함께 묶어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

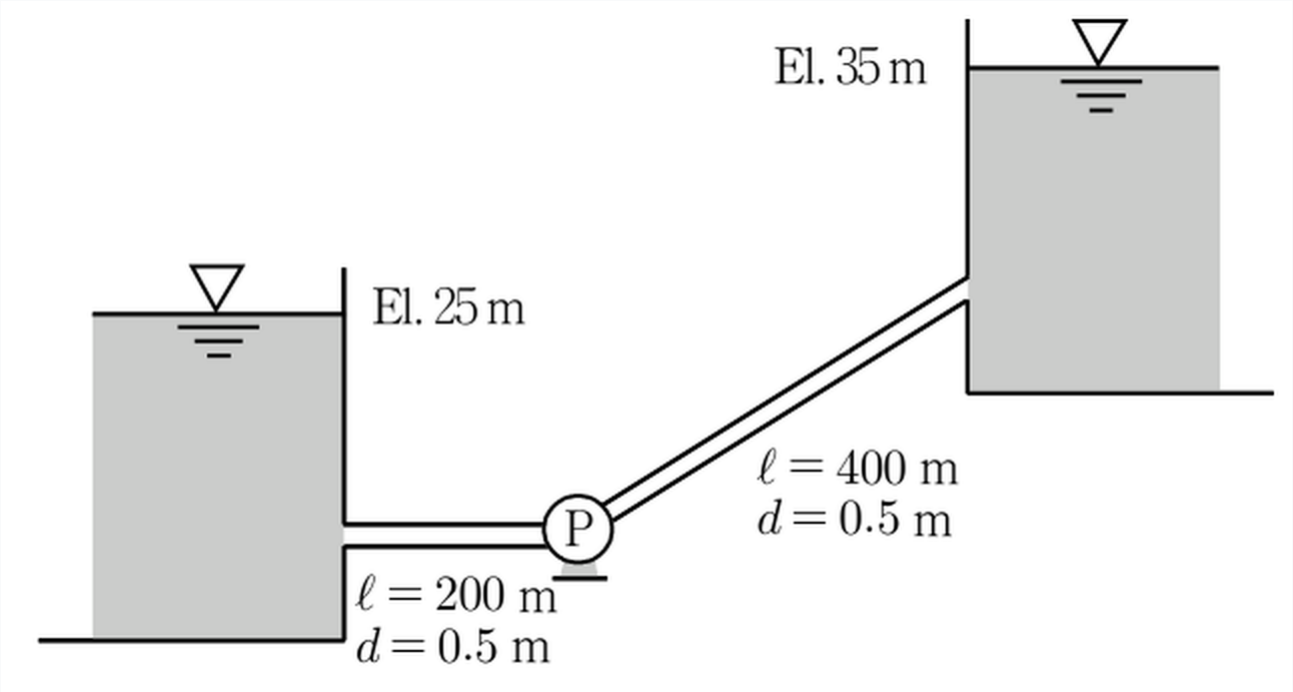
'n년 차에 처음 발생' 문제는 '그 전까지는 발생하지 않음'과 'n년 차에 발생함'으로 나누어 곱셈사건으로 정리하면 된다. 즉 $(1-p)^{n-1}p$ 꼴인지 먼저 확인하면 된다.

암기 포인트

재현기간 T의 연초과확률은 $p = 1/T$이고, 정확히 n년 차 첫 발생확률은 $(1-p)^{n-1}p$이다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 연결된 수로에서 펌프가 없는 경우, 관로 내 유량은 $0.2m^3/s$이다. 만약 동일 유량을 반대방향으로 양수하고자 할 때, 필요한 펌프의 동력은? (단, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$, 중력가속도는 $10m/s^2$이다)



① 40kW

② 40HP

③ 90kW

④ 90HP

정답 1번

출제 포인트

무펌프 상태의 자연유동에서 손실수두를 먼저 구한 뒤, 같은 유량을 역방향으로 보낼 때 필요한 펌프양정을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 무펌프 시 유량은 $Q = 0.2m^3/s$이고, 좌측 수면은 El. 25m, 우측 수면은 El. 35m이다. 관경은 모두 0.5m이고 관로 길이는 200m와 400m이다.
구해야 할 값: 같은 유량을 반대방향으로 양수할 때 필요한 펌프 동력이다.
주의할 조건: 펌프가 없을 때는 높은 수면에서 낮은 수면으로 흐르므로 자유수면 수두차 10m가 그 유량에서의 전손실수두가 된다.

NoteBase

사용할 공식

$P = \gamma Q H_p$

이 공식을 쓰는 이유: 펌프 효율이 따로 주어지지 않았으므로 물에 전달해야 하는 수동력은 단위중량 γ, 유량 Q, 펌프양정 H_p의 곱으로 계산한다. 같은 관로에서 같은 유량이면 손실수두의 크기도 같다.

계산 과정

1. 펌프가 없을 때 자유수면 사이의 수두차는 $35 - 25 = 10m$이다. 따라서 자연유동 $Q = 0.2m^3/s$에서의 전손실수두는 $h_L = 10m$이다.
2. 같은 유량을 반대방향으로 보내려면 정수두차 $10m$를 거슬러야 하고, 같은 유량에 대한 손실수두 $10m$도 극복해야 한다. 따라서 필요한 펌프양정은 $H_p = 10 + 10 = 20m$이다.
3. 필요한 동력은 $P = \gamma Q H_p = (10kN/m^3)(0.2m^3/s)(20m) = 40kW$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 필요한 펌프 동력은 $40kW$이므로 옳다.
② X: $40HP$는 약 $29.8kW$이어서 필요한 $40kW$보다 작다. 틀린 표현은 단위가 달라도 같은 크기라고 본 점이며, 올바르게는 $40kW$ 또는 약 $54HP$이다.
③ X: $90kW$는 필요한 동력보다 과대하다. 틀린 표현은 필요한 펌프양정을 $20m$보다 크게 본 점이며, 올바르게는 정수두차 $10m$와 손실수두 $10m$를 더한 $20m$만 필요하다.
④ X: $90HP$는 약 $67kW$로 역시 과대하다. 틀린 표현은 $90HP$가 정답이라는 점이며, 올바르게는 $40kW$ 또는 약 $54HP$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 무펌프 상태의 $10m$를 그대로 펌프양정으로 쓰거나, kW와 HP를 같은 크기로 착각하는 점이다. 역방향 양수에서는 정수두차 $10m$와 같은 유량에서의 손실수두 $10m$를 합한 값이 필요한 펌프양정이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

저수지 사이 관로 문제는 먼저 무동력 상태에서 자유수면 수두차가 무엇으로 소모되는지 본다. 자연유동이면 그 수두차가 손실수두이고, 같은 유량을 역송하면 정수두차와 손실수두를 합쳐 펌프양정을 구한다.

암기 포인트

같은 관로에서 같은 유량을 거꾸로 보내면 필요한 펌프양정은 정수두차 + 기존 손실수두이다.

NoteBase

문 8. 완경사 하천에 설치된 보에서 점변류의 수면형을 설명한 것으로 옳은 것은?

① M_1곡선은 Fr가 1보다 큰 흐름에 대해서 수심이 등류수심보다 크고 한계수심보다는 작은 경우의 수면형이다.

② M_1곡선은 상류(上流)로 갈수록 수심이 감소하는 저하곡선으로 보의 상류측에서 나타난다.

③ M_2곡선은 Fr가 1보다 작은 흐름에 대해서 수심이 한계수심보다 크고 등류수심보다는 작은 경우의 수면형이다.

④ M_2곡선은 상류(上流)로 갈수록 수심이 감소하는 저하곡선으로 보의 월류부에서 나타난다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 완경사 수로의 점변류 수면형에서 M_1, M_2의 수심 범위와 보 주변 발생 위치를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

- y_n은 등류수심, y_c는 한계수심이다.
- 완경사에서는 $y_n > y_c$이고 흐름이 아임계이면 $Fr < 1$이다.
- M_1는 완경사에서 수심이 등류수심보다 큰 구간의 배수곡선이다.
- M_2는 완경사에서 수심이 한계수심보다 크고 등류수심보다 작은 구간의 저하곡선이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- M_1는 $Fr > 1$이 아니라 $Fr < 1$인 아임계 흐름의 수면형이다.
- 틀린 부분은 "Fr가 1보다 큰 흐름"이다. 올바르게는 "Fr가 1보다 작은 흐름에서 수심이 등류수심보다 큰 경우"이다.

② X
- M_1는 보 상류측에 나타날 수 있지만 저하곡선이 아니라 배수곡선이다.
- 틀린 부분은 "저하곡선"이다. 올바르게는 "하류의 보 영향으로 수심이 등류수심보다 커진 배수곡선"이다.

③ O
- M_2는 $Fr < 1$인 흐름에서 수심이 한계수심보다 크고 등류수심보다 작은 경우의 수면형이다.
- 완경사에서는 $y_n > y_c$이므로 $y_c < y < y_n$를 만족하는 설명이 정확하다.

④ X
- M_2는 보 월류부로 접근하는 상류 구간에서 나타날 수 있으나, 수심은 상류로 갈수록 감소하는 것이 아니라 증가한다. 하류 쪽으로 갈수록 수심이 감소하며 한계수심에 접근한다.
- 틀린 부분은 "상류로 갈수록 수심이 감소"이다. 올바르게는 "하류의 월류부 쪽으로 갈수록 수심이 감소하는 저하곡선"이다.

오답 포인트

M_1과 M_2를 구분할 때 Fr의 대소와 y_n, y_c 사이의 위치를 서로 바꾸어 외우기 쉽다. 또한 "상류로 갈수록 감소" 같은 방향 표현만 보고 곡선 이름을 판단하면 ②, ④처럼 배수곡선과 저하곡선을 혼동하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

완경사 문제는 먼저 $y_n > y_c$를 놓고 본다. 그다음 수심이 $y > y_n$이면 M_1, $y_c < y < y_n$이면 M_2, $y < y_c$이면 M_3로 분류하면 된다. 보 상류의 배수는 M_1, 월류부로 접근하는 상류 저하는 M_2로 판단한다.

암기 포인트

완경사 M형은 $M_1 : y > y_n$, $M_2 : y_c < y < y_n$, $M_3 : y < y_c$로 외운다.

NoteBase

문 9. 시간별 강우량이 표와 같고 직접유출량이 총 강우량의 60%일 때, Φ-지수(index)[*mm/hr*]는?

시간(hr)	01:00	02:00	03:00	04:00
강우량(mm)	10	30	50	40

① 12.7

② 14.0

③ 18.7

④ 22.0

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 총 강우량에서 직접유출량을 먼저 구한 뒤, $Q_d = \sum \max(i - \phi, 0)\Delta t$ 관계로 ϕ-지수를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
시간별 강우량은 01:00에 $10mm/hr$, 02:00에 $30mm/hr$, 03:00에 $50mm/hr$, 04:00에 $40mm/hr$이다.
총 강우량은 $130mm$이다.
직접유출량은 총 강우량의 60%이므로 $78mm$이다.
구해야 할 값:
ϕ-지수이다.
주의할 조건:
ϕ-지수는 시간마다 같은 손실률이며, 강우강도보다 ϕ가 크면 그 시간의 유효우량은 0이 된다.

사용할 공식

$Q_d = \sum \max(i - \phi, 0)\Delta t$
이 문제는 1시간 간격 자료이므로 각 시간대의 유효우량을 $(i - \phi)$로 바로 계산할 수 있다. 또한 $10 < \phi < 30$이어야 첫 시간은 유효우량이 0이 되고, 나머지 세 시간만 직접유출량에 반영된다.

NoteBase

계산 과정

1. 총 강우량은 $10 + 30 + 50 + 40 = 130mm$이다.
2. 직접유출량은 $0.6 \times 130 = 78mm$이다.
3. $10 < \phi < 30$로 두면 유효우량은 $(30 - \phi) + (50 - \phi) + (40 - \phi)$이다.
4. 따라서 $120 - 3\phi = 78$이다.
5. $3\phi = 42$이므로 $\phi = 14.0mm/hr$이다.

선지 판단

1번 X: $\phi = 12.7mm/hr$이면 유효우량은 $(30 - 12.7) + (50 - 12.7) + (40 - 12.7) = 81.9mm$가 되어 직접유출량 $78mm$보다 크다. 틀린 표현은 ϕ-지수를 낮게 잡은 값이라는 점이며, 올바르게는 $14.0mm/hr$이어야 한다.

2번 O: 계산 결과 $\phi = 14.0mm/hr$이므로 맞다.

3번 X: $\phi = 18.7mm/hr$이면 유효우량은 $(30 - 18.7) + (50 - 18.7) + (40 - 18.7) = 63.9mm$가 되어 직접유출량보다 작다. 틀린 표현은 손실률을 과대평가한 값이라는 점이며, 올바르게는 $14.0mm/hr$이어야 한다.

4번 X: $\phi = 22.0mm/hr$이면 유효우량은 $(30 - 22) + (50 - 22) + (40 - 22) = 54.0mm$가 되어 더 작다. 틀린 표현은 ϕ-지수를 지나치게 크게 본 값이라는 점이며, 올바르게는 $14.0mm/hr$이어야 한다.

오답 포인트

직접유출량이 총 강우량의 60%라는 문장을 각 시간 강우량에 일괄적으로 60%씩 곱하는 방식으로 처리하면 틀린다. 먼저 총 직접유출량 $78mm$를 만든 뒤, ϕ보다 작은 $10mm/hr$ 구간은 유효우량 0으로 보는 구조를 세워야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

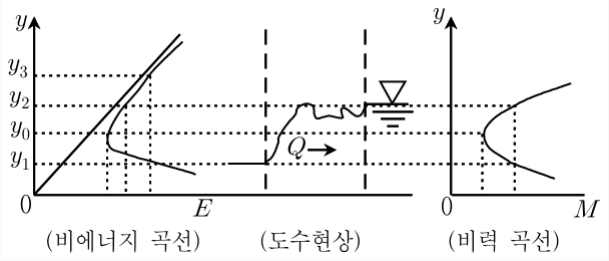
이 유형은 전체 강우량으로 직접유출량 총량을 먼저 구한 다음, ϕ보다 작은 구간을 제외하고 $\sum(i - \phi) =$ 유효우량이 되도록 식을 세워 판단한다.

암기 포인트

ϕ-지수는 직접유출량과 같아지도록 강우강도에서 일정하게 빼 주는 손실률이다.

NoteBase

문 10. 다음 그림은 도수 발생에 따른 비에너지 곡선과 비력 곡선을 나타내고 있다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 비에너지 곡선에서 도수 전 수심 y_1에 대한 도수 후의 수심 y_2를 대응수심(alternate depth)이라 한다.

② 비력 곡선에서 도수 전 수심 y_1에 대한 도수 후의 수심 y_2를 공액수심(conjugate depth)이라 한다.

③ 비에너지가 최소가 되거나 비력이 최소가 되는 수심 y_0를 한계수심(critical depth)이라 한다.

④ 도수로 인한 흐름 에너지 손실(ΔE)은 도수 전후의 수심차가 클수록 커진다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 도수에서 비에너지곡선의 대응수심과 비력곡선의 공액수심을 구분하고, 한계수심과 도수 손실의 의미를 판별하는 문제이다.

선지별 해설

① X

- 대응수심(alternate depth)은 같은 비에너지 E에서 생기는 두 수심을 말한다. 도수 전후에는 에너지 손실이 생기므로 도수 후 수심 y_2를 도수 전 수심 y_1의 대응수심이라고 할 수 없다.
- 틀린 표현은 "도수 후의 수심 y_2를 대응수심이라 한다"이다. 올바르게는 "비에너지곡선에서 같은 비에너지에 대응하는 두 수심을 대응수심이라 한다"이다.

② O

- 도수는 비력(또는 비운동량)이 보존되는 관계로 해석하므로, 비력곡선에서 도수 전 수심 y_1과 도수 후 수심 y_2는 공액수심(conjugate depth)이다.

③ O

- 주어진 유량에서 비에너지가 최소가 되는 수심이 한계수심이고, 비력도 같은 수심에서 최소가 된다. 그림의 y_0는 한계수심을 나타낸다.

④ O

- 도수 손실은 직사각형 수로에서 $\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2}$로 나타나므로, 다른 조건이 같으면 도수 전후 수심차가 클수록 에너지 손실이 커진다.

NoteBase

오답 포인트

비에너지곡선과 비력곡선을 같은 그림 해석으로 섞어 보면 ①과 ②를 같이 맞다고 보기 쉽다. 대응수심은 같은 E에서의 두 수심이고, 공액수심은 도수 전후처럼 같은 비력에서 짝이 되는 두 수심이라는 점이 핵심 구분이다.

다시 나오면 이렇게 판단

도수 문제는 먼저 무엇이 보존되는지 본다. 에너지가 아니라 비력이 연결되면 공액수심이고, 같은 비에너지선 위의 두 수심이면 대응수심이다. 그다음 y_0가 최소 비에너지점인지 확인하면 한계수심 판단이 끝난다.

암기 포인트

대응수심은 같은 E, 공액수심은 도수 전후 같은 비력, 한계수심은 최소 비에너지와 최소 비력의 수심이다.

NoteBase

문 11. 어떤 유역에서 측정된 시간별 강우량[*mm*]이 표와 같을 때, 2시간 최대 강우강도[*mm/hr*]는?

시간(hr)	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
강우량(mm)	10	24	20	10	6

① 17

② 22

③ 35

④ 44

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 연속 2시간 누가강우량을 구한 뒤 이를 2로 나누어 최대 강우강도 값을 찾는 문제이다.

조건 정리

주어진 시간별 강우량은 11시 10, 12시 24, 13시 20, 14시 10, 15시 6이다.
구해야 할 값은 2시간 최대 강우강도이다.
주의할 점은 강우강도는 2시간 강우량 합계가 아니라 2시간 평균 강우량이므로 2로 나누어야 한다는 점이다.

사용할 공식

2시간 강우강도는 $I = \frac{P_{2hr}}{2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 2시간 동안의 최대 강우강도 *mm/hr*를 묻고 있으므로, 연속된 2시간 강우량의 합을 구한 뒤 지속시간 2시간으로 나누어 시간당 강우량으로 환산해야 하기 때문이다.

계산 과정

연속된 2시간 강우량을 계산하면 11~12시는 10 + 24 = 34, 12~13시는 24 + 20 = 44, 13~14시는 20 + 10 = 30, 14~15시는 10 + 6 = 16이다.
이를 강우강도로 바꾸면 각각 34/2 = 17, 44/2 = 22, 30/2 = 15, 16/2 = 8이다.
가장 큰 값은 22이므로 2시간 최대 강우강도는 22*mm/hr*이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 17mm/hr는 11~12시 구간의 2시간 강우강도일 뿐 최대값이 아니다. 올바른 값은 12~13시 구간에서 나온 22mm/hr이다.
2번: O. 연속 2시간 강우량 중 최대는 $24 + 20 = 44mm$이고, 이를 2시간으로 나누면 22mm/hr가 된다.
3번: X. 35mm/hr가 되는 연속 2시간 평균 강우강도는 없다. 올바른 최대 강우강도는 22mm/hr이다.
4번: X. 44는 최대 2시간 누가강우량 mm이지 강우강도 mm/hr가 아니다. 강우강도로 바꾸면 $44/2 = 22mm/hr$가 된다.

오답 포인트

최대 2시간 강우량 44mm를 그대로 강우강도로 착각하면 4번을 고르게 된다. 이 문제의 함정은 누가강우량과 강우강도의 단위를 구분하지 않는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

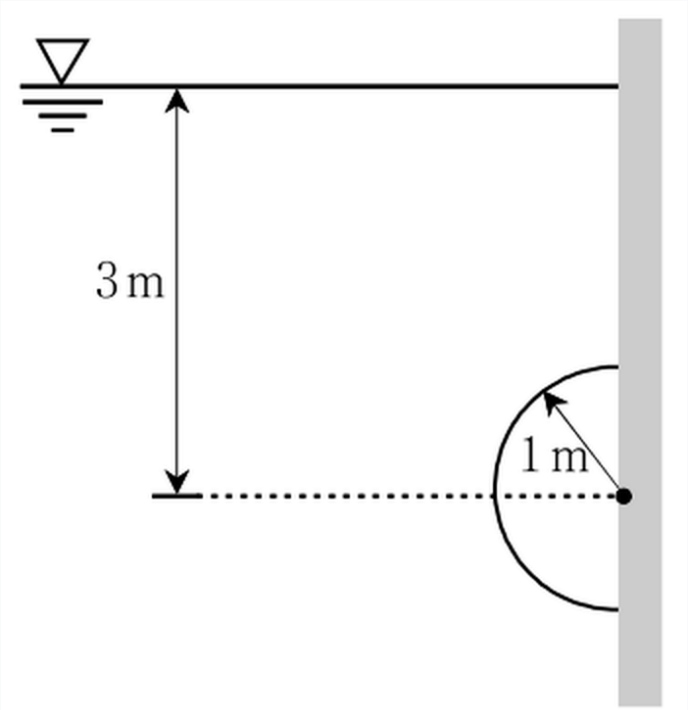
지속시간이 주어진 강우강도 문제는 연속 시간창의 누가강우량을 먼저 구하고, 마지막에 지속시간으로 나누어 mm/hr 단위로 바꾼 뒤 최대값을 비교하면 된다.

암기 포인트

최대 강우강도는 연속시간 최대합을 구한 뒤 지속시간으로 나눈 값이다.

NoteBase

문 12. 반지름 1m의 반구(hemisphere)가 그림과 같이 물 속에 잠겨있을 때, 이 반구에 작용하는 정수력 [kN]의 수평성분의 크기는? (단, 물의 단위중량은 10kN/m^3, π는 3이다)



① 30

② 60

③ 90

④ 120

정답 3번

출제 포인트

곡면에 작용하는 정수력의 수평성분은 그 곡면의 연직투영면에 작용하는 정수압과 같다는 원리를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 반지름은 $1m$이다. 반구 중심의 수심은 $3m$이다. 물의 단위중량은 $10kN/m^3$이다. $\pi = 3$이다.
구해야 할 값: 반구에 작용하는 정수력의 수평성분이다.
주의할 조건: 수평성분은 반구의 곡면적이나 반원 면적이 아니라 반구의 연직투영면적인 원의 면적을 사용한다.

NoteBase

사용할 공식

$F_H = \gamma h_c A_v$
여기서 A_v는 곡면의 연직투영면적이고, h_c는 그 투영면 도심의 수심이다.
이 공식을 쓰는 이유: 곡면에 작용하는 정수력의 수평성분은 곡면을 연직면에 투영했을 때 그 면에 작용하는 정수압과 같기 때문이다.

계산 과정

1. 반구의 연직투영면은 반지름 $1m$인 원이므로
$A_v = \pi r^2 = 3 \times 1^2 = 3m^2$
2. 그 원의 도심은 구의 중심과 같으므로 도심 수심은 $h_c = 3m$이다.
3. 따라서 수평성분은
$F_H = \gamma h_c A_v = 10 \times 3 \times 3 = 90kN$
따라서 정수력의 수평성분은 $90kN$이다.

선지별 해설

① X: $30kN$은 연직투영면적을 누락하거나 면적을 잘못 본 값이다. 수평성분은 $F_H = \gamma h_c A_v$로 계산해야 하므로 올바른 값은 $90kN$이다.
② X: $60kN$은 도심 수심 $3m$ 대신 윗점 수심 $2m$를 넣을 때 나오는 값이다. 올바르게는 투영 원의 도심 수심 $3m$를 사용해야 하므로 $90kN$이다.
③ O: 연직투영면적이 $3m^2$, 도심 수심이 $3m$이므로 $F_H = 10 \times 3 \times 3 = 90kN$이다.
④ X: $120kN$은 최심점 수심 $4m$를 그대로 적용한 값이다. 수평성분은 최심점이 아니라 투영면 도심 수심을 써야 하므로 올바르게는 $90kN$이다.

오답 포인트

반구라는 도형 때문에 반원 면적, 곡면적, 최상단 수심, 최하단 수심을 섞어 쓰기 쉽다. 이 문제의 핵심은 곡면의 수평성분은 연직투영면에 대한 정수압으로 처리한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

곡면 정수력 문제는 먼저 무엇을 묻는지 확인하고, 수평성분이면 연직투영면적과 그 도심 수심을 잡아 $F_H = \gamma h_c A_v$로 계산하면 된다.

암기 포인트

곡면 정수력의 수평성분은 연직투영면의 정수압과 같다.

NoteBase

문 13. 상사법칙에서 고려되는 흐름을 지배하는 힘과 속도비에 대한 설명이다. 빈칸에 들어갈 내용으로 옳은 것은? (단, g_r은 중력가속도 비, L_r은 길이 비, ν_r은 동점성계수 비, σ_r은 표면장력 비, ρ_r은 밀도 비, E_r은 탄성계수 비이다)

	Froude 상사법칙	Cauchy 상사법칙	Reynolds 상사법칙	Weber 상사법칙
지배하는 힘	중력	㉡	점성력	㉣
속도비	㉠	$\sqrt{\rho_r^{-1}E_r}$	㉢	$\sqrt{\sigma_r\rho_r^{-1}L_r^{-1}}$

① ㉠: $\sqrt{g_rL_r}$, ㉡: 탄성력, ㉢: $\nu_rL_r^{-1}$, ㉣: 표면장력

② ㉠: $\nu_rL_r^{-1}$, ㉡: 표면장력, ㉢: $\sqrt{g_rL_r}$, ㉣: 탄성력

③ ㉠: $\sqrt{\rho_rg_rL_r}$, ㉡: 탄성력, ㉢: $\sqrt{\nu_r^{-1}L_r}$, ㉣: 표면장력

④ ㉠: $\sqrt{g_rL_r}$, ㉡: 표면장력, ㉢: $\nu_rL_r^{-1}$, ㉣: 탄성력

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 Froude, Cauchy, Reynolds, Weber 상사법칙의 지배력과 속도비를 서로 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

Froude 상사법칙은 중력의 영향이 지배적인 자유수면 흐름에 적용되며 속도비는 $v_r = \sqrt{g_rL_r}$이다.
Cauchy 상사법칙은 탄성력이 지배적인 흐름에 적용되며 속도비는 $v_r = \sqrt{E_r/\rho_r} = \sqrt{\rho_r^{-1}E_r}$이다.
Reynolds 상사법칙은 점성력이 지배적인 흐름에 적용되며 속도비는 $v_r = \nu_rL_r^{-1}$이다.
Weber 상사법칙은 표면장력이 지배적인 흐름에 적용되며 속도비는 $v_r = \sqrt{\sigma_r\rho_r^{-1}L_r^{-1}}$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

1번: O. ㄱ은 Froude 상사법칙의 속도비 $\sqrt{g_r L_r}$, ㄴ은 Cauchy 상사법칙의 지배력인 탄성력, ㄷ은 Reynolds 상사법칙의 속도비 $\nu_r L_r^{-1}$, ㄹ은 Weber 상사법칙의 지배력인 표면장력으로 모두 맞다.
2번: X. ㄱ의 $\nu_r L_r^{-1}$는 Reynolds 상사법칙의 속도비이므로 Froude 상사법칙 자리에 올 수 없다. 올바르게는 $\sqrt{g_r L_r}$이다. ㄴ의 표면장력은 Cauchy가 아니라 Weber 상사법칙의 지배력이다. ㄷ의 $\sqrt{g_r L_r}$는 Reynolds가 아니라 Froude 상사법칙의 속도비이다. ㄹ의 탄성력은 Weber가 아니라 Cauchy 상사법칙의 지배력이다.
3번: X. ㄱ의 $\sqrt{\rho_r g_r L_r}$는 Froude 상사법칙 속도비가 아니다. 올바르게는 밀도비가 없는 $\sqrt{g_r L_r}$이다. ㄴ의 탄성력은 맞지만, ㄷ의 $\sqrt{\nu_r^{-1} L_r}$는 Reynolds 상사법칙 속도비가 아니다. 올바르게는 $\nu_r L_r^{-1}$이다. ㄹ의 표면장력은 맞지만 일부만 맞아도 선택지는 오답이다.
4번: X. ㄱ의 $\sqrt{g_r L_r}$와 ㄷ의 $\nu_r L_r^{-1}$는 맞지만, ㄴ의 표면장력은 Cauchy가 아니라 Weber 상사법칙의 지배력이다. 올바르게는 탄성력이다. ㄹ의 탄성력은 Weber가 아니라 Cauchy 상사법칙의 지배력이다. 올바르게는 표면장력이다.

오답 포인트

Cauchy와 Weber는 둘 다 관성력과 다른 힘의 비를 맞추는 상사라서 탄성력과 표면장력을 서로 바꿔 넣기 쉽고, Froude와 Reynolds는 속도비 식의 모양만 보고 $\sqrt{g_r L_r}$와 $\nu_r L_r^{-1}$를 혼동하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

상사법칙 문제는 먼저 지배력을 짝지은 뒤 속도비를 연결하면 된다. 자유수면이면 Froude-중력-$\sqrt{g_r L_r}$, 탄성파나 탄성체면 Cauchy-탄성력-$\sqrt{E_r/\rho_r}$, 점성지배면 Reynolds-점성력-$\nu_r L_r^{-1}$, 계면효과면 Weber-표면장력-$\sqrt{\sigma_r \rho_r^{-1} L_r^{-1}}$ 의 순서로 판단한다.

암기 포인트

Froude는 중력, Cauchy는 탄성력, Reynolds는 점성력, Weber는 표면장력이다.

NoteBase

문 14. 정상 부등류 흐름을 갖는 하천 내 두 단면 사이의 거리L-비에너지E-경사S 간의 관계가 옳은 것은? (단, 흐름은 단면 1에서 단면 2의 방향으로 발생한다고 가정하고, 하상경사는 S_0, 에너지선의 경사는 S_e로 정의한다)

① $L = \frac{E_1 - E_2}{S_e - S_0}$
② $L = \frac{S_e - S_0}{E_1 - E_2}$
③ $L = \frac{E_2 - E_1}{S_e - S_0}$
④ $L = \frac{S_0 - S_e}{E_1 - E_2}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 정상 부등류의 직접보법에서 하상경사 S_0, 에너지선 경사 S_e, 비에너지 변화량 $E_1 - E_2$를 연결해 두 단면 사이 거리 L를 식으로 정리할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

흐름 방향은 단면 1에서 단면 2로 진행한다.
하상고 차는 $z_1 - z_2 = S_0 L$이다.
손실수두는 $h_L = S_e L$이다.
총에너지는 $z + E$로 본다.

사용할 공식

$(z_1 + E_1) - (z_2 + E_2) = h_L = S_e L$이다.
또한 $z_1 - z_2 = S_0 L$이므로 $E_1 - E_2 = (S_e - S_0)L$, 따라서 $L = (E_1 - E_2)/(S_e - S_0)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 거리 L, 비에너지 E, 하상경사 S_0, 에너지선 경사 S_e의 관계를 직접 묻고 있어 총에너지식과 경사 정의를 바로 결합하면 되기 때문이다.

계산 과정

1. 두 단면의 총에너지 차를 쓰면 $(z_1 + E_1) - (z_2 + E_2) = S_e L$이다.
2. 하상경사 정의로 $z_1 - z_2 = S_0 L$이다.
3. 이를 대입하면 $S_0 L + E_1 - E_2 = S_e L$이다.
4. 정리하면 $E_1 - E_2 = (S_e - S_0)L$이다.
5. 따라서 $L = (E_1 - E_2)/(S_e - S_0)$이므로 정답은 1번이다.

NoteBase

선지별 해설

1번: O. 유도식 $E_1 - E_2 = (S_e - S_0)L$를 그대로 L에 대해 정리한 식이다.
2번: X. 분자와 분모가 뒤바뀌어 L이 아니라 $1/L$ 차원의 식이 된다. 올바르게는 $L = (E_1 - E_2)/(S_e - S_0)$이다.
3번: X. 비에너지 차의 부호가 반대로 들어가 정답식의 음수가 된다. 틀린 표현은 $E_2 - E_1$이고, 올바르게는 $E_1 - E_2$이다.
4번: X. 2번과 마찬가지로 거리식이 아니라 역수 형태이며 부호도 뒤집혀 있다. 올바르게는 $L = (E_1 - E_2)/(S_e - S_0)$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, 흐름 방향을 기준으로 $E_1 - E_2$를 써야 하는데 이를 $E_2 - E_1$로 바꾸면 부호가 틀린다. 둘째, 식을 정리하면서 L과 그 역수를 혼동하면 2번이나 4번처럼 차원 자체가 맞지 않는 식을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

경사와 에너지 관계식 문제는 먼저 흐름 방향을 잡고, 다음으로 $(z_1 + E_1) - (z_2 + E_2) = S_e L$와 $z_1 - z_2 = S_0 L$를 쓴 뒤, 마지막에 L에 대해 정리해 부호와 차원을 함께 확인하면 된다.

암기 포인트

직접보법의 핵심은 총에너지 감소량이 손실수두 $S_e L$이고, 하상고 차가 $S_0 L$이므로 $L = (E_1 - E_2)/(S_e - S_0)$로 정리된다는 점이다.

NoteBase

문 15. 어떤 물체의 공기 중 무게가 3kgf이고 수중에서의 무게가 1kgf일 때, 이 물체의 비중은? (단, 물의 단위중량은 10kN/m^3, 중력가속도는 10m/s^{2}이다)

① 1.25

② 1.50

③ 1.75

④ 2.00

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 공기 중 무게와 수중 무게의 차이로 부력을 구한 뒤, 그 부력으로 물체의 비중을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 공기 중 무게 $3kgf$, 수중 무게 $1kgf$, 물의 단위중량 $10kN/m^3$
구해야 할 값: 물체의 비중
주의할 조건: 공기 중 무게와 수중 무게의 차이가 부력이며, 비중은 물체의 단위중량을 물의 단위중량으로 나눈 값과 같다.

사용할 공식

비중 S는 $S = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_{air}}{W_{air} - W_{water}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: $W_{air} - W_{water}$가 물에 잠겼을 때 작용한 부력이고, 부력은 같은 체적의 물의 무게이므로 공기 중 무게를 부력으로 나누면 물체의 비중을 바로 구할 수 있다.

계산 과정

1. 부력은 공기 중 무게와 수중 무게의 차이이므로 $3 - 1 = 2kgf$이다.
2. 비중은 공기 중 무게를 부력으로 나눈 값이므로 $S = \frac{3}{2} = 1.50$이다.
3. 같은 내용을 SI 단위로 쓰면 공기 중 무게는 $30N$, 부력은 $20N$이고, 물의 단위중량이 $10kN/m^3$이므로 잠긴 체적은 $\frac{20}{10000} = 0.002m^3$이다. 따라서 물체의 단위중량은 $\frac{30}{0.002} = 15000N/m^3$이고, 비중은 $\frac{15000}{10000} = 1.50$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
비중 계산값은 1.50이므로 1.25는 맞지 않는다. 공기 중 무게 $3kgf$와 부력 $2kgf$의 관계를 잘못 잡은 값이다.
올바르게는 비중이 1.50이다.

② O
부력은 $3-1=2kgf$이고, 비중은 $\frac{3}{2}=1.50$이므로 2번이 맞다.

③ X
비중 계산값은 1.50이므로 1.75는 맞지 않는다. 수중 무게를 그대로 분모에 쓰거나 차이를 잘못 처리하면 이런 오답을 고르기 쉽다.
올바르게는 비중이 1.50이다.

④ X
비중 계산값은 1.50이므로 2.00은 맞지 않는다. 공기 중 무게와 수중 무게의 차이를 부력으로 보지 않고 비율을 과대평가한 값이다.
올바르게는 비중이 1.50이다.

오답 포인트

수중 무게 자체를 비중 계산의 분모로 착각하거나, 공기 중 무게와 수중 무게의 차이가 부력이라는 점을 놓치면 오답이 나온다. 이 문제의 함정은 단순히 두 무게를 비교하는 것이 아니라 차이값 $2kgf$를 먼저 구해야 한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

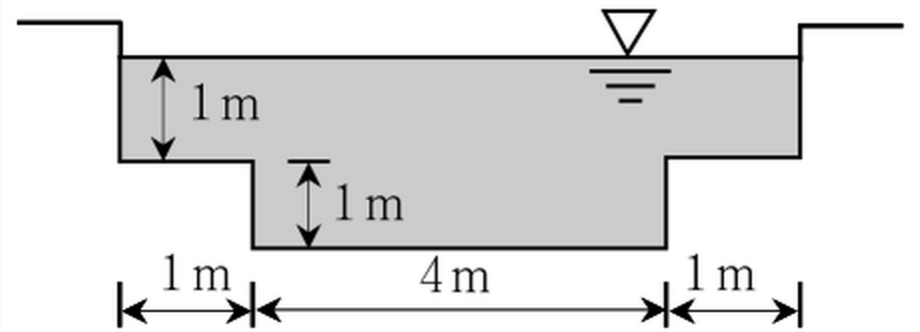
공기 중 무게와 수중 무게가 함께 주어지면 먼저 두 값의 차이로 부력을 구하고, 이어서 비중 =공기 중 무게부력으로 판단한다.

암기 포인트

비중은 공기 중 무게를 부력으로 나눈 값이다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 좌우 대칭인 복단면 수로에서 하상경사가 0.001일 때, 마찰속도 $u_*[m/s]$는? (단, 중력가속도는 $10m/s^2$이다)



① 0.04

② 0.06

③ 0.08

④ 0.10

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 복단면 수로의 단면적과 윤변을 구해 동수반지름을 계산한 뒤, $u_* = \sqrt{gRS}$로 마찰속도를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 하상경사 $S = 0.001$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
수로 단면은 좌우 대칭이며, 수면 아래 전체 폭은 $1 + 4 + 1 = 6m$이다.
양쪽 턱 위 수심은 $1m$, 가운데 깊은 부분은 추가로 $1m$ 더 깊어서 전체 수심이 $2m$이다.
구해야 할 값은 마찰속도 u_*이다.

사용할 공식

마찰속도는 $u_* = \sqrt{gRS}$이다.
여기서 $R = A/P$이고, A는 유수 단면적, P는 윤변이다.
등류 개수로에서 단면 평균 전단 특성은 동수반지름 R과 에너지경사 또는 하상경사 S로 계산할 수 있으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 단면적은 위쪽 직사각형 $6m \times 1m$와 아래 추가 직사각형 $4m \times 1m$의 합이므로 $A = 6 + 4 = 10m^2$이다.
2. 윤변은 바닥 $4m$, 양쪽 턱의 수평부 $1m + 1m$, 바깥쪽 수직벽 $1m + 1m$, 안쪽 수직벽 $1m + 1m$의 합이므로 $P = 4 + 2 + 2 + 2 = 10m$이다.
3. 따라서 동수반지름은 $R = A/P = 10/10 = 1m$이다.
4. 마찰속도는 $u_* = \sqrt{gRS} = \sqrt{10 \times 1 \times 0.001} = \sqrt{0.01} = 0.10m/s$이다.

선지별 해설

① X: $0.04m/s$는 계산 결과와 다르다. 마찰속도를 $0.04m/s$로 본 값은 동수반지름을 실제보다 작게 잡거나 윤변 계산을 잘못한 경우에 해당한다. 올바르게는 $R = 1m$이므로 $u_* = 0.10m/s$이다.
② X: $0.06m/s$도 계산 결과와 다르다. 이 값은 일부 단면만 면적으로 보거나 수평 턱 길이를 윤변에서 빠뜨린 경우처럼 A/P를 잘못 계산할 때 나올 수 있다. 올바르게는 전체 젖은 단면을 써서 $u_* = 0.10m/s$이다.
③ X: $0.08m/s$도 계산 결과와 다르다. 이 값은 깊은 중앙부만 보고 폭 또는 윤변을 부분적으로 반영한 오답이다. 복단면이라도 전체 젖은 단면적과 전체 윤변으로 R을 구해야 하므로 정답값은 $0.10m/s$이다.
④ O: $A = 10m^2$, $P = 10m$, $R = 1m$이므로 $u_* = \sqrt{10 \times 1 \times 0.001} = 0.10m/s$가 된다.

오답 포인트

복단면 수로에서 가장 흔한 실수는 단면적과 윤변을 부분 단면만으로 계산하는 점이다. 자유수면은 윤변에 포함되지 않고, 물과 접한 모든 바닥과 벽은 윤변에 포함된다는 점에서 오답이 갈린다.

다시 나오면 이렇게 판단

복단면 개수로 계산은 먼저 전체 젖은 단면적 A를 합산하고, 다음으로 물과 접한 경계만 골라 윤변 P를 구한 뒤, $R = A/P$를 만든 다음 $u_* = \sqrt{gRS}$에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

마찰속도는 $u_* = \sqrt{gRS}$, 복단면의 핵심은 전체 젖은 면적과 전체 윤변으로 $R = A/P$를 구하는 점이다.

NoteBase

문 17. 차원해석에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① Bukingham π-정리에서 n개의 변수와 m개의 반복변수가 있다면, 무차원 변수의 수는 $(n-m)$개이다.

② 반복변수는 길이, 시간, 질량을 대표하는 $[L]$, $[T]$, $[M]$의 차원을 주로 사용한다.

③ 차원해석은 동차성의 원리에 기반하며 변수 간의 상관관계는 멱수-곱(power-product)형태로 표현한다.

④ 차원해석에서 종속변수는 차원량(dimensional quantity)이다.

정답 4번

출제 포인트

Buckingham π 정리의 기본 구조와 반복변수·종속변수의 개념을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

Buckingham π 정리는 원래의 n개 변수를 기본차원 m개를 이용해 $n-m$개의 무차원군으로 줄이는 방법이다. 반복변수는 보통 기본차원 M, L, T를 대표하도록 고르며, 이때 반복변수는 반드시 독립변수 가운데에서만 선택하고 종속변수는 반복변수로 쓰지 않는다.
변수 간 관계는 거듭제곱 곱 형태의 무차원군으로 만들며, 종속변수는 반복변수와 결합되어 하나의 종속 π군으로 표현된다. 즉 차원해석의 결과식에서 종속항은 차원량이 아니라 무차원량(π군)이 된다.

선지별 해설

① O. Buckingham π 정리에서는 관련 변수 수를 n, 기본차원 또는 반복변수 수를 m이라 두면 독립인 무차원군 수는 $n-m$개가 된다.
② O. 반복변수는 대개 길이, 시간, 질량을 대표하는 $[L]$, $[T]$, $[M]$ 차원을 포함하도록 고른다. 유체역학과 수리수문학의 전형적 문제에서는 이 M-L-T 계를 주로 사용한다.
③ O. 차원해석은 동차성 원리를 바탕으로 하며, 변수 관계를 $x_1^a x_2^b x_3^c$ 같은 멱수-곱 형태로 두고 지수를 맞춰 무차원군을 만든다.
④ X. 차원해석에서 종속변수는 차원량이 아니라 무차원량이 되므로 틀린 설명이다. 차원해석은 종속변수를 반복변수와 결합해 하나의 종속 π군으로 만들며, 이 종속 π군은 무차원이다. 따라서 차원해석의 결과에서 종속항은 차원(dimension)을 갖지 않는 무차원 π군으로 표현된다는 것이 옳은 서술이다.

오답 포인트

④는 물리 문제 자체의 종속 물리량(차원량)과 차원해석 결과식의 종속항(무차원 π군)을 혼동하게 만든 선택지이다. 차원해석에서 종속변수는 반복변수와 묶여 무차원군이 되므로 "차원량이다"라는 서술은 성립하지 않는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

차원해석 문제에서는 먼저 $n - m$ 규칙, 반복변수는 독립변수에서만 고른다는 원칙, 동차성 원리를 확인하고, 종속변수는 최종적으로 무차원 종속 π군으로 표현된다는 점을 함께 본다.

암기 포인트

차원해석은 "동차성으로 시작해 무차원 π군으로 끝난다"로 정리된다.

NoteBase

문 18. 폭 3.0m인 직사각형 단면의 수로에서 비에너지 H_e가 1.5m일 때, 최대유량 $Q_{max}[m^3/s]$는? (단, 에너지 보정계수는 1.0, 중력가속도는 $10m/s^2$이다)

① $\sqrt{10}$
② $2\sqrt{10}$
③ $3\sqrt{10}$
④ $4\sqrt{10}$

정답 3번

출제 포인트

직사각형 단면 수로의 비에너지와 임계흐름 관계를 이용해 최대유량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 폭 $b = 3.0m$, 비에너지 $H_e = 1.5m$, 에너지 보정계수 $\alpha = 1.0$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 최대유량 Q_{max}이다.
주의할 조건: 직사각형 수로에서 주어진 비에너지에서 최대유량은 임계상태에서 발생한다.

사용할 공식

직사각형 수로의 임계상태에서는 $H_e = \frac{3}{2}y_c$, $q^2 = gy_c^3$가 성립한다.
여기서 $q = Q/b$는 단위폭당 유량이다.
이 공식을 쓰는 이유: 비에너지가 주어졌을 때 가능한 유량 중 최대값은 임계흐름에서 나오므로, 먼저 임계수심 y_c를 구한 뒤 q와 Q를 계산해야 한다.

계산 과정

1. $H_e = \frac{3}{2}y_c$이므로 $y_c = \frac{2}{3} \times 1.5 = 1.0m$이다.
2. $q^2 = gy_c^3 = 10 \times 1^3 = 10$이므로 $q = \sqrt{10}[m^2/s]$이다.
3. 전체 유량은 $Q_{max} = bq = 3 \times \sqrt{10} = 3\sqrt{10}[m^3/s]$이다.

선지별 해설

① X: $\sqrt{10}$은 단위폭당 유량 q값이다. 문제는 전체 최대유량 Q_{max}를 묻고 있으므로 폭 $3.0m$를 곱한 $3\sqrt{10}[m^3/s]$가 되어야 한다.
② X: 최대유량을 임계조건으로 계산하면 $Q_{max} = 3\sqrt{10}[m^3/s]$이므로 $2\sqrt{10}$과 일치하지 않는다. 올바르게는 $3\sqrt{10}$이다.
③ O: 임계수심 $y_c = 1.0m$, 단위폭당 유량 $q = \sqrt{10}[m^2/s]$이므로 $Q_{max} = 3\sqrt{10}[m^3/s]$가 된다.
④ X: 최대유량을 계산한 결과가 $3\sqrt{10}[m^3/s]$이므로 $4\sqrt{10}$은 과대계산한 값이다. 올바르게는 $3\sqrt{10}$이다.

NoteBase

오답 포인트

①처럼 단위폭당 유량 q를 전체 유량 Q로 착각하기 쉽다. 이 문항의 핵심 함정은 $q = Q/b$ 관계를 놓치거나, 비에너지 최대유량 조건이 임계흐름이라는 점을 빼먹는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 수로에서 비에너지로 최대유량을 묻는 문제는 먼저 임계상태를 떠올리고, $H_e = \frac{3}{2}y_c$로 임계수심을 구한 다음 $q^2 = gy_c^3$, 마지막에 $Q = bq$ 순서로 판단한다.

암기 포인트

직사각형 수로 최대유량 조건은 임계흐름이며 $H_e = \frac{3}{2}y_c$, $Q = b\sqrt{gy_c^3}$로 연결된다.

NoteBase

문 19. 관수로 흐름 현상에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 관수로의 흐름 요소는 점성력과 압력차이며, 이로 인해 한 단면에서 유속과 전단응력 분포는 동일하다.

② 관로 밸브의 급작스러운 개폐에 따른 압력파로 인해 관 내부에 수격현상이 발생한다.

③ 관로 밸브의 개폐 시 발생하는 충격파가 조압수조를 통해 완화되는 과정에서 수면이 진동하는 서징(surging)현상이 나타난다.

④ 공동현상은 유수 중에 압력이 증기압 이하로 낮아지면 물속에 포함되어 있는 기체가 물에서 빠져나와 기포가 발생하는 현상이다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 관수로에서의 대표 현상인 수격현상, 서징, 공동현상과 함께 관 단면 내 유속 분포와 전단응력 분포의 차이를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

관수로의 유속 분포는 관벽에서 0이고 중심부로 갈수록 커지는 분포이다.
전단응력 분포는 중심부에서 0이고 관벽에서 최대가 되는 분포이다.
수격현상은 밸브의 급격한 개폐 등으로 압력파가 발생하는 현상이다.
서징은 조압수조 등에서 수면이 상하로 진동하는 현상이다.
공동현상은 국부 압력이 증기압 이하로 떨어져 기포성 공동이 생기는 현상이다.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 '한 단면에서 유속과 전단응력 분포는 동일하다'이다. 실제로는 유속은 관벽에서 0, 중심에서 최대가 되지만 전단응력은 중심에서 0, 관벽에서 최대가 되므로 분포가 서로 다르다.
② O: 관로 밸브를 갑자기 개폐하면 유속 변화가 압력파로 전달되어 관 내 압력이 급상승하거나 급강하한다. 이를 수격현상이라고 한다.
③ O: 조압수조는 밸브 개폐 등으로 생긴 압력 변동을 완화하는 시설이며, 이 과정에서 수조 수면이 오르내리며 진동하는 현상이 서징이다.
④ O: 공동현상은 유수 중 국부 압력이 증기압 이하로 낮아질 때 기포성 공동이 발생하는 현상이라는 설명으로 이해하면 된다. 선지는 압력 저하로 기포가 생긴다는 핵심을 설명하고 있어 옳다.

오답 포인트

①은 관수로의 여러 현상을 한꺼번에 섞어 놓고 마지막에 '유속과 전단응력 분포는 동일하다'라는 틀린 문장을 붙인 선지이다. 유속은 중심부가 크고 전단응력은 관벽이 크다는 반대 방향의 분포를 혼동하면 틀리기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

관수로 현상 문제는 먼저 수격현상, 서징, 공동현상의 정의를 구분하고, 분포를 묻는 선지가 나오면 유속은 중심 최대, 전단응력은 벽면 최대라는 기준으로 바로 판단하면 된다.

암기 포인트

수격은 압력파, 서징은 수면진동, 공동은 저압 기포, 유속은 중심 최대, 전단응력은 벽면 최대이다.

NoteBase

문 20. 베르누이(Bernoulli) 방정식과 오일러(Euler) 방정식에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 비회전류는 베르누이 방정식을 적용하기 위한 가정사항에 포함된다.

② 베르누이 방정식은 일반적으로 압력수두, 속도수두 그리고 위치수두로 구성되며, 모두 길이의 차원으로 표현된다.

③ 오일러 방정식을 구간 혹은 거리로 적분하면, 베르누이 방정식을 유도할 수 있다.

④ 비압축성 및 비점성 흐름은 베르누이 방정식과 오일러 방정식 모두의 가정사항에 포함된다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 오일러 방정식과 베르누이 방정식의 성립 조건과 적용 범위를 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

오일러 방정식은 비점성 유체의 운동을 나타내는 미분형 방정식이다.
베르누이 방정식은 오일러 방정식을 유선 방향으로 적분한 에너지식으로, 정상·비점성·비압축성 흐름의 한 유선상에서 성립한다.
비회전 조건은 베르누이 방정식의 기본 가정이라기보다 그 상수를 유동장 전체에 공통으로 적용할 때 필요한 추가 조건이다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 '비회전류는 베르누이 방정식을 적용하기 위한 가정사항에 포함된다'는 표현이다. 베르누이 방정식은 기본적으로 정상류, 비점성, 비압축성 흐름의 한 유선상에서 성립하며, 비회전은 필수 기본가정이 아니다. 올바르게는 '비회전류는 베르누이 상수를 모든 유선에 동일하게 적용할 때 필요한 추가 조건이다'가 된다.
2번: O. 베르누이 방정식은 보통 압력수두, 속도수두, 위치수두의 합으로 쓰며 각 항은 모두 길이 차원으로 표현된다.
3번: O. 오일러 방정식을 유선 방향으로 거리 적분하면 압력항, 속도항, 위치항의 합이 일정하다는 베르누이 방정식을 유도할 수 있다.
4번: O. 이 문제에서 다루는 고전적 수리수문학 문맥의 오일러 방정식과 베르누이 방정식은 이상유체를 전제로 정리하므로 비점성, 비압축성 조건을 공통 가정으로 본다.

오답 포인트

비회전류를 베르누이 방정식의 기본가정으로 외우면 1번 같은 선지에 걸리기 쉽다. 비회전은 한 유선상 성립 조건이 아니라 적용 범위를 유동장 전체로 넓히는 추가 조건이라는 점이 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 오일러 방정식은 운동방정식이고 베르누이 방정식은 그 적분형이라는 관계를 잡는다. 그다음 기본 가정과 추가 가정을 나누어 보고, '모든 유선에 공통'이라는 뜻이면 비회전 조건을 따로 확인하면 된다.

암기 포인트

오일러는 미분형, 베르누이는 적분형, 비회전은 베르누이의 기본가정이 아니라 적용 범위를 넓히는 추가 조건이다.

NoteBase