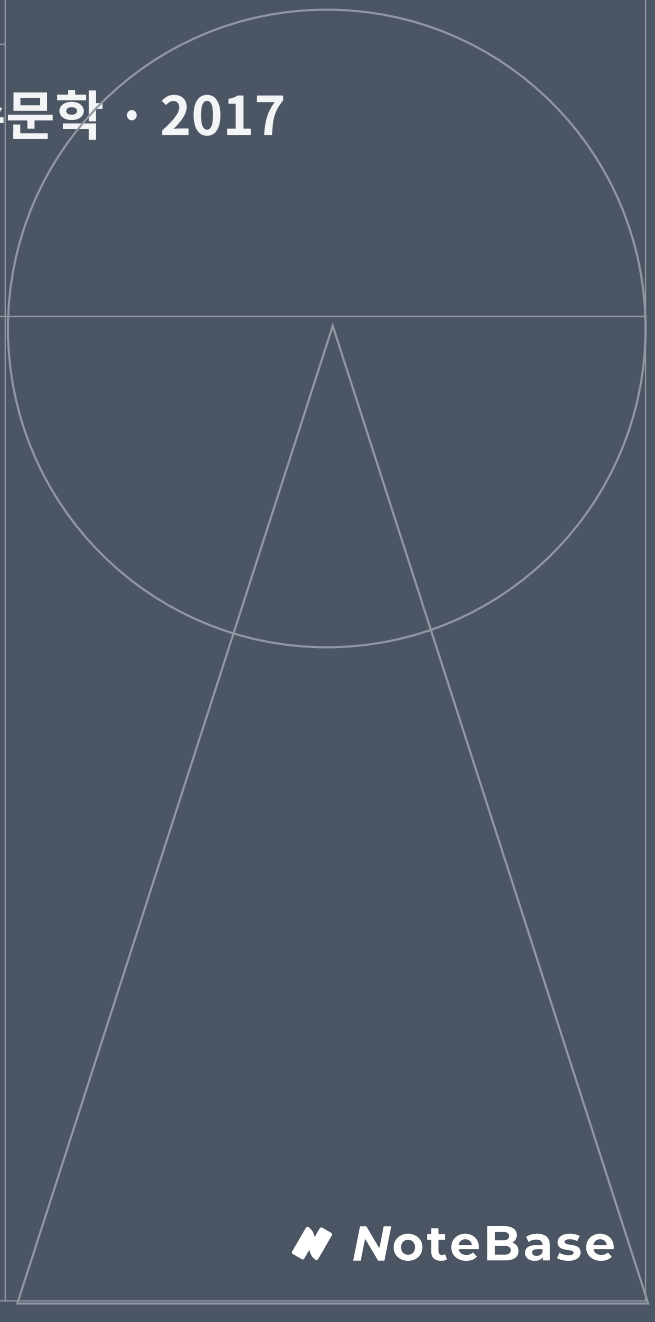
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2017

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2017

문 1. 유체의 성질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 모세관 현상에서 부착력이 응집력보다 클 경우에는 세관 내의 액체는 아래로 내려간다.

② 압력변화에 따른 체적의 변화를 체적탄성계수라 하고, 체적탄성계수의 역수를 압축계수라 한다.

③ 점성은 유체에 전단응력이 작용할 때 변형에 저항하는 정도를 나타낸다.

④ 액체의 비중은 4 ° C에서의 물의 체적과 동일한 체적의 무게 비를 말한다.

정답 1번

출제 포인트

유체의 기본 성질(모세관 현상, 체적탄성계수와 압축계수, 점성, 비중)에 대한 정의를 정확히 알고 있는지를 묻는 문제이다. 특히 모세관 현상에서 부착력과 응집력의 크기에 따라 액체면이 올라가는지 내려가는지를 구분할 수 있어야 한다.

핵심 개념

모세관 현상은 액체 분자 사이에 작용하는 응집력과 관벽에 작용하는 부착력의 상대적 크기로 결정된다. 부착력이 응집력보다 크면 액체가 관벽을 잘 적시면서 세관 내의 액체면이 관 밖의 액체면보다 위로 올라간다(물과 유리관의 경우). 반대로 응집력이 부착력보다 크면 액체면이 아래로 내려간다(수은과 유리관의 경우). 체적탄성계수는 압력변화에 대한 체적변화의 비(압력변화/체적변화율)를 나타내는 값이고, 그 역수가 압축계수이다. 점성은 유체에 전단응력이 작용할 때 유체가 변형(흐름)에 저항하는 정도를 나타내는 성질이다. 비중은 어떤 물질의 무게와 이와 동일한 체적을 갖는 4°C 물의 무게의 비로 정의된다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 모세관 현상에서 부착력이 응집력보다 클 경우에는 액체가 관벽을 잘 적셔서 세관 내의 액체는 위로 올라간다. "아래로 내려간다"는 서술은 틀린 표현이며, 부착력이 응집력보다 클 때는 액체면이 상승한다는 것이 올바른 표현이다. 액체면이 내려가는 경우는 반대로 응집력이 부착력보다 클 때이다.
② O: 압력변화에 따른 체적변화의 비율을 체적탄성계수라 하고, 그 역수를 압축계수라 하는 정의가 올바르게 서술되어 있다.
③ O: 점성은 유체에 전단응력이 작용할 때 유체가 변형(유동)에 저항하는 정도를 나타내는 성질이라는 정의가 올바르다.
④ O: 액체의 비중은 4°C에서의 물과 동일한 체적을 갖는 물질의 무게의 비로 정의되며, 서술이 올바르다.

오답 포인트

모세관 현상에서 부착력과 응집력의 대소 관계에 따른 액면의 상승·하강 방향을 반대로 암기하면 이 문제를 틀리게 된다. 부착력이 크면 액체가 벽을 적시며 올라가고(물-유리관), 응집력이 크면 액체가 벽을 밀어내며 내려간다(수은-유리관)는 방향을 혼동하지 않도록 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

모세관 현상 관련 선지가 나오면 먼저 부착력과 응집력 중 어느 것이 더 큰 상황인지 확인하고, 부착력이 크면 상승, 응집력이 크면 하강이라는 대응 관계를 적용하여 서술 방향이 맞는지 판단한다.
체적탄성계수·압축계수·점성·비중처럼 정의를 묻는 선지는 각 용어가 무엇의 비(比)로 정의되는지를 정확히 대조하여 판단한다.

암기 포인트

부착력 > 응집력 → 액면 상승(물-유리관), 응집력 > 부착력 → 액면 하강(수은-유리관)으로 짝지어 외워 둔다.
체적탄성계수의 역수는 압축계수, 점성은 전단응력에 대한 변형 저항, 비중은 4°C 물과의 무게 비라는 네 가지 정의를 세트로 정리해 둔다.

NoteBase

문 2. 유효우량을 산정하는 방법 중 하나인 NRCS(미자연자원보존국) 방법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 유역의 토양종류는 유효우량의 크기에 영향을 미친다.

② 선행토양함수(AMC)조건은 3가지로, 1년을 성수기와 비성수기로 구분하여 5일 선행강수량에 따라 결정한다.

③ 유출곡선지수(runoff curve number)는 0 ~ 100 사이의 값을 가지는 무차원의 값으로 0에 가까울수록 불투수면에 가깝다.

④ 유출곡선지수(runoff curve number)의 결정에 영향을 미치는 수문학적토양군은 4가지 Type으로 구분되며 유출률이 가장 큰 것은 Type D이다.

정답 3번

출제 포인트

NRCS(SCS) 방법으로 유효우량을 산정할 때 사용하는 유출곡선지수(CN, curve number)와 선행토양함수조건(AMC), 수문학적 토양군의 정의를 정확히 알고 있는지를 묻는다. 특히 CN 값의 크기와 투수성·불투수성의 관계를 반대로 서술한 함정을 찾아내는 것이 핵심이다.

핵심 개념

유출곡선지수 CN은 강우 대비 직접유출량의 비율을 나타내는 무차원 지수로 0에서 100 사이의 값을 가진다. CN이 100에 가까울수록 강우가 거의 그대로 유출되는 불투수면(포장도로, 수면 등)에 가깝고, CN이 0에 가까울수록 강우가 대부분 침투하는 투수성이 매우 높은 지면에 가깝다. 즉 CN과 불투수성은 비례 관계이지 반비례 관계가 아니다.

선행토양함수조건(AMC)은 강우 발생 전 토양이 머금고 있던 수분 상태를 나타내며 AMC-Ⅰ(건조)·AMC-Ⅱ(보통)·AMC-Ⅲ(습윤)의 3가지로 구분한다. 1년을 성수기(생장기)와 비성수기(휴지기)로 나누고 각 시기별 5일 선행강수량 기준값에 따라 어느 조건에 해당하는지를 결정한다.

수문학적 토양군은 토양의 침투능에 따라 Type A(투수성 가장 큼, 유출률 가장 작음)부터 Type D(투수성 가장 작음, 유출률 가장 큼)까지 4가지로 구분되며, CN 값은 이 토양군과 토지이용 상태, AMC 조건을 조합하여 표에서 결정한다.

NoteBase

선지별 해설

① 유역의 토양종류(수문학적 토양군)는 CN 값을 통해 유효우량의 크기에 직접 영향을 미친다. 옳은 설명이다.
② AMC 조건은 AMC-Ⅰ·Ⅱ·Ⅲ의 3가지이며, 1년을 성수기와 비성수기로 나누어 각 시기의 5일 선행강수량에 따라 조건을 결정한다. 옳은 설명이다.
③ 유출곡선지수는 0~100 사이의 무차원 값이라는 서술은 맞지만, 0에 가까울수록 불투수면에 가깝다는 서술은 틀렸다 → 0에 가까울수록 투수성이 커서 침투가 잘되는 지면에 가깝고, 100에 가까울수록 불투수면에 가깝다. 크기와 불투수성의 방향이 반대로 서술되어 옳지 않은 설명이다.
④ 수문학적 토양군은 Type A, B, C, D의 4가지로 구분되며, 이 중 침투능이 가장 낮아 유출률이 가장 큰 것은 Type D이다. 옳은 설명이다.

오답 포인트

CN 값의 크기와 지면의 투수성·불투수성 관계를 거꾸로 암기하면 이 문제뿐 아니라 CN 관련 계산 문제에서도 값을 반대로 대입하는 실수를 하게 된다. 'CN이 크다 = 유출이 많다 = 불투수면에 가깝다'는 방향으로 반드시 정리해 두어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

NRCS(SCS-CN) 방법 문제에서는 먼저 CN의 범위(0~100)와 방향성(클수록 불투수·유출 많음)을 확인하고, 그다음 AMC 조건의 개수(3가지)와 구분 기준(성수기/비성수기, 5일 선행강수량), 마지막으로 수문학적 토양군 4종류(A~D)와 유출 순서(A가 유출 최소, D가 유출 최대)를 순서대로 대조하며 선지를 판단한다.

암기 포인트

CN 0~100, 클수록 불투수·유출 증가(100에 가까울수록 불투수면). AMC 3가지(Ⅰ 건조· Ⅱ 보통·Ⅲ습윤), 성수기/비성수기 5일 선행강수량 기준. 수문학적 토양군 A<B<C<D 순으로 유출률 증가, D가 유출률 최대.

NoteBase

문 3. 홍수추적에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 수문학적 홍수추적은 저류개념을 나타내는 연속방정식의 변형인 저류방정식을 해석하는 방법이다.

② 수리학적 홍수추적은 개수로에서 부정류흐름에 대한 연속방정식과 운동방정식의 해석에 기본을 두고 있다.

③ 저류방정식을 이용한 저수지 홍수추적의 경우, 저수지 유출량은 저류량에 영향을 미치지 않는다.

④ 유역홍수추적의 경우, 유역출구지점에서의 유출수문곡선은 선형으로 연결된 유역 내의 저수지와 하도의 저류영향을 받아 나타난다.

정답 3번

출제 포인트

홍수추적(flood routing)을 수문학적 방법과 수리학적 방법으로 구분하고, 저수지 홍수추적과 유역 홍수추적에서 저류(storage)와 유출량의 관계를 정확히 이해하고 있는지를 묻는다.

핵심 개념

홍수추적은 상류의 유입수문곡선으로부터 하류(저수지 출구나 하도 임의 지점, 유역 출구)의 유출수문곡선을 구하는 절차이다. 수문학적 홍수추적은 연속방정식을 저류의 개념으로 변형한 저류방정식 $\frac{dS}{dt} = I - O$ 를 이용해 해석하는 방법이고, 수리학적 홍수추적은 개수로 부정류 흐름에 대한 연속방정식과 운동방정식(생베낭 방정식)을 함께 풀어 해석하는 방법이다. 저수지 홍수추적에서는 저류방정식과 함께 저수지의 수위-저류량-유출량 관계(수위-저류곡선, 수위-유출량곡선 또는 여수로 방류공식)를 결합하여 풀며, 유출량은 저류량(또는 수위)의 함수로 결정되므로 저류량과 유출량은 서로 영향을 주고받는 관계이다.

선지별 해설

① O — 수문학적 홍수추적은 연속방정식을 저류의 개념으로 나타낸 저류방정식을 풀어 유출수문곡선을 구하는 방법이므로 옳은 설명이다.

② O — 수리학적 홍수추적은 개수로에서의 부정류 흐름을 연속방정식과 운동방정식(생베낭 방정식)으로 해석하는 방법에 기본을 두므로 옳은 설명이다.

③ X — 저류방정식을 이용한 저수지 홍수추적에서는 저수지의 유출량이 저류량(또는 수위)의 함수로 표현되는 수위-유출량 관계를 함께 사용한다. 따라서 저수지 유출량은 저류량과 무관한 것이 아니라 저류량의 변화에 따라 함께 결정되는 관계이며, 유출량이 저류량에 영향을 미치지 않는다는 설명은 틀린 표현이다. 틀린 표현 → 올바른 표현: "저수지 유출량은 저류량에 영향을 미치지 않는다" → "저수지 유출량은 저류량(수위)의 함수로서 서로 밀접한 관계를 가진다".

④ O — 유역홍수추적에서 유역 출구지점의 유출수문곡선은 유역 내에 선형으로 연결된 저수지와 하도들의 저류효과가 누적되어 나타나므로 옳은 설명이다.

NoteBase

오답 포인트

저수지 홍수추적을 저류방정식 $dS/dt = I - O$ 만 떠올리고 유출량 항 O를 상수처럼 취급하면 저류량과 유출량이 무관하다고 착각하기 쉽다. 그러나 저수지 홍수추적의 핵심은 저류량-수위-유출량의 관계식(수위-유출량 곡선)을 저류방정식과 연립하여 푸는 데 있으므로, 유출량은 저류량에 종속되는 값임을 놓치지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

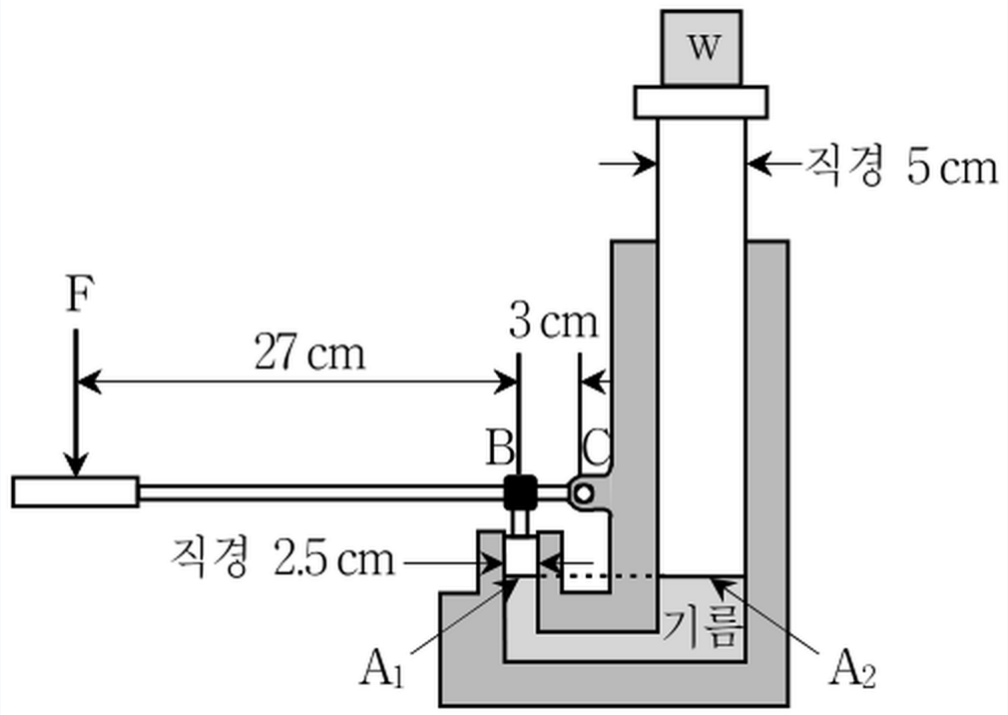
홍수추적 문제에서 '수문학적'과 '수리학적'이 나오면 각각 저류방정식(연속방정식의 변형) vs 연속방정식+운동방정식으로 구분해서 판단한다. 저수지 홍수추적과 관련된 선지는 유출량이 저류량(수위)의 함수라는 상호 종속 관계를 기준으로 옳고 그름을 가린다.

암기 포인트

수문학적 홍수추적=저류방정식(연속방정식 변형) 하나만 사용, 수리학적 홍수추적=연속방정식+운동방정식 함께 사용. 저수지 홍수추적은 저류량과 유출량이 서로 영향을 주고받는 관계라는 점을 기억해 둔다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 유압기의 손잡이에 F = 30 kg의 힘을 가하여 들어 올릴 수 있는 최대 무게 W[kg]는? (단, 유압기의 자중은 무시한다)



① 300

② 600

③ 900

④ 1,200

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 지렛대의 힘 증폭과 파스칼의 원리(유압 실린더의 면적비에 의한 힘 증폭)를 두 단계로 연속 적용하는 문제이다. 손잡이에 가한 힘 F는 먼저 지렛대를 거쳐 증폭된 뒤, 작은 피스톤과 큰 피스톤 사이의 유압을 통해 다시 증폭되어 W를 들어 올린다.

조건 정리

F = 30 kg이 손잡이 끝에 가해진다. 지렛대는 C점(구멍 표시가 있는 핀 연결부)을 지지점(고정 회전축)으로 하여 회전하고, F가 작용하는 점에서 C까지의 거리는 27 cm + 3 cm = 30 cm이며, B점(작은 피스톤과 연결된 지점)에서 C까지의 거리는 3 cm이다. B점 아래에 연결된 작은 피스톤(A1)의 직경은 2.5 cm이고, W가 얹힌 큰 피스톤(A2)의 직경은 5 cm이다. 두 피스톤은 기름으로 채워진 밀폐 유로로 연결되어 있다.

NoteBase

사용할 공식

지렛대의 모멘트 평형(지지점 C 기준): $F \times 30 = F_1 \times 3$
파스칼의 원리(압력은 어디서나 같다): $\frac{F_1}{A_1} = \frac{W}{A_2}$, 즉 $W = F_1 \times \frac{A_2}{A_1} = F_1 \times \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$

계산 과정

1단계, 지렛대에서 C점을 기준으로 모멘트 평형을 세우면 $30 \times 30 = F_1 \times 3$이므로 $F_1 = 300$ kg이다. 이 힘 F_1이 작은 피스톤(A1)을 눌러 기름에 압력을 만든다.
2단계, 두 피스톤의 면적비는 직경비의 제곱이므로 $\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = \left(\frac{5}{2.5}\right)^2 = 2^2 = 4$이다.
3단계, 압력이 같으므로 $W = F_1 \times 4 = 300 \times 4 = 1{,}200$ kg이다.

선지 판단

① 300 → 이는 지렛대만 거친 뒤의 힘 F_1 값이며, 유압 면적비에 의한 증폭을 반영하지 않은 값이므로 오답이다.
② 600 → 면적비를 직경비 그대로(제곱하지 않고) 2배만 곱한 값에 해당하므로 오답이다.
③ 900 → 지렛대 거리비를 27:3(=9배)으로 잘못 적용하고 유압 증폭을 반영하지 않았을 때 나올 수 있는 값으로, 지지점 위치를 잘못 잡은 오답이다.
④ 1,200 → 지렛대 모멘트 평형으로 $F_1 = 300$ kg을 구한 뒤, 피스톤 면적비 4배를 정확히 곱한 값이므로 정답이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 지렛대의 지지점(회전축)을 잘못 잡는 것이다. 이 문제에서 고정 회전축은 구멍(핀) 표시가 있는 C점이며, B점은 지지점이 아니라 작은 피스톤에 힘을 전달하는 작용점이다. 따라서 F가 작용하는 점부터 C까지의 전체 거리 30 cm(27+3)를 긴 팔로, B에서 C까지 3 cm를 짧은 팔로 놓고 모멘트 평형을 세워야 한다. 또한 유압 증폭은 직경비가 아니라 직경비의 제곱, 즉 면적비로 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

그림에 지렛대와 유압 실린더가 함께 나오면 두 단계로 나누어 접근한다. 먼저 그림에서 핀(구멍) 표시가 있는 점을 지지점으로 확정하고, 그 지지점을 기준으로 두 팔의 길이를 정확히 읽어 모멘트 평형으로 중간 힘을 구한다. 그다음 그 힘이 작용하는 피스톤의 직경과 최종적으로 하중이 얹히는 피스톤의 직경을 확인하여, 면적비(직경비의 제곱)를 곱해 최종 힘을 구한다.

암기 포인트

지렛대 모멘트 평형: 힘×거리는 지지점 양쪽에서 같다. 파스칼의 원리에 의한 유압 증폭: 힘의 비는 피스톤 면적의 비(=직경비의 제곱)와 같다. 지렛대와 유압 실린더가 직렬로 연결되면 두 증폭 배율을 곱해서 최종 힘을 구한다.

NoteBase

문 5. 비중이 0.9인 빙산이, 비중이 1.1인 해수에 떠 있다. 빙산이 해수면 위로 노출된 부분의 부피가 1일 때, 해수면 아래에 잠긴 빙산의 부피는?

① 4.5

② 5.0

③ 5.5

④ 6.0

정답 1번

출제 포인트

부력 평형(아르키메데스 원리)을 이용해 물에 뜬 빙산의 잠긴 부피를 구하는 문제이다. 빙산 전체에 작용하는 중력과 배제한 해수의 부력이 같다는 조건을 세울 수 있는지가 핵심이다.

조건 정리

빙산의 비중 $\gamma_i = 0.9$, 해수의 비중 $\gamma_w = 1.1$이다. 빙산의 전체 부피를 V, 노출된 부분의 부피를 $V_e = 1$, 잠긴 부분의 부피를 V_s라 하면 $V = V_e + V_s$이다.

사용할 공식

물체가 액체에 떠 있을 때는 물체 전체의 무게와 잠긴 부분이 배제한 액체의 무게가 같다: $\gamma_i V = \gamma_w V_s$. 여기에 $V = V_e + V_s$를 대입하면 $\gamma_i(V_e + V_s) = \gamma_w V_s$가 된다.

계산 과정

$\gamma_i(V_e + V_s) = \gamma_w V_s$에 $\gamma_i = 0.9$, $\gamma_w = 1.1$, $V_e = 1$을 대입한다.
$0.9(1 + V_s) = 1.1V_s$
$0.9 + 0.9V_s = 1.1V_s$
$0.9 = 0.2V_s$
$V_s = 4.5$
따라서 해수면 아래에 잠긴 빙산의 부피는 4.5이다.

NoteBase

선지 판단

① 4.5: 옳다. 부력 평형식 $0.9(1 + V_s) = 1.1V_s$를 풀면 $V_s = 4.5$가 되어 계산 결과와 일치한다.
② 5.0: 틀린 표현이다 → 노출 부피 1을 반영하지 않고 단순 비중 비만으로 어림한 값으로, 부력 평형식을 만족하지 않는다.
③ 5.5: 틀린 표현이다 → 이 값은 빙산 전체 부피 $V = V_e + V_s = 1 + 4.5 = 5.5$에 해당하는 값으로, 잠긴 부분이 아니라 전체 부피이다.
④ 6.0: 틀린 표현이다 → 비중 차이나 단순 배수 관계를 잘못 적용한 값으로, 부력 평형식에서 도출되지 않는다.

오답 포인트

이 문제에서 가장 흔한 실수는 전체 부피(5.5)와 잠긴 부피(4.5)를 혼동하는 것이다. 발문이 묻는 것은 '잠긴 부분의 부피'이므로, 전체 부피를 구한 뒤 노출 부피 1을 다시 빼주는 마지막 단계를 빠뜨리지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

노출 부피나 잠긴 부피 중 하나가 주어지고 비중 두 개가 제시되면, 항상 '전체 무게 = 잠긴 부분이 배제한 액체의 무게' 식 $\gamma_i V = \gamma_w V_s$를 먼저 세운다. 이후 $V = V_e + V_s$ 관계로 미지수를 하나로 정리해 풀면 실수 없이 계산할 수 있다.

암기 포인트

부력 평형: 물체 비중 × 전체 부피 = 액체 비중 × 잠긴 부피. 노출 부피와 잠긴 부피를 더하면 전체 부피가 된다는 관계를 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 6. 다음과 같은 1시간 단위도를 정수배 방법을 이용하여 3시간 단위도로 유도하였을 경우, 3시간 단위도의 최대 종거는?

시간[hr]	0	1	2	3	4	5	6
1시간 단위도[m^3/s]	0	3	8	11	5	3	0

① 7.3 m^3/s

② 8.0 m^3/s

③ 24.0 m^3/s

④ 33.0 m^3/s

정답 2번

출제 포인트

정수배(整數倍) 방법은 지속시간이 t인 단위도를 이용해 지속시간이 nt인 단위도를 유도하는 방법이다. 원래의 단위도를 시간축상에서 1시간씩 어긋나게 n개를 겹쳐 합산한 뒤, 그 합을 n으로 나누어 지속시간 nt에 대한 단위도 종거를 구한다. 이 문제는 1시간 단위도로부터 3시간 단위도($n = 3$)를 유도할 때의 최대 종거를 묻고 있다.

조건 정리

1시간 단위도 종거는 시간 0,1,2,3,4,5,6시간에서 각각 0, 3, 8, 11, 5, 3, 0 m^3/s이다. 3시간 단위도를 만들려면 이 1시간 단위도를 0시간, 1시간, 2시간만큼 지연시킨 3개의 단위도를 시간별로 합산해야 한다.

사용할 공식

정수배 방법의 3시간 단위도 종거는 다음과 같다.

$$Q_{3hr}(t) = \frac{Q_{1hr}(t) + Q_{1hr}(t-1) + Q_{1hr}(t-2)}{3}$$

여기서 $Q_{1hr}(t)$는 원래 1시간 단위도의 시각 t에서의 종거이며, 존재하지 않는 시각(음수 또는 표 범위 밖)의 값은 0으로 처리한다.

NoteBase

계산 과정

시각별로 0시간, 1시간, 2시간 지연된 세 단위도를 합산하면 다음과 같다.

t=0: 0

t=1: 3+0=3

t=2: 8+3+0=11

t=3: 11+8+3=22

t=4: 5+11+8=24

t=5: 3+5+11=19

t=6: 0+3+5=8

t=7: 0+0+3=3

t=8: 0

합산값 중 최댓값은 t=4시간에서의 24이며, 이를 $n = 3$으로 나누면 3시간 단위도의 최대 종거가 된다.

$Q_{3hr,\,\max} = \frac{24}{3} = 8.0\ \mathrm{m^3/s}$

선지 판단

① 7.3 m^3/s: X. 합산값 최댓값 24를 3으로 나눈 값이 아니며, 잘못된 나눗셈이나 보간에서 나올 수 있는 오답이다.

② 8.0 m^3/s: O. 시간별 합산값 중 최댓값인 24(t=4시간)를 3으로 나눈 값과 일치한다.

③ 24.0 m^3/s: X. 이는 3개의 단위도를 합산한 값 자체이며, 3으로 나누는 과정을 빠뜨린 오답이다.

④ 33.0 m^3/s: X. 합산 과정에서 시간 지연을 잘못 적용하거나 필요 이상의 항을 더했을 때 나올 수 있는 값이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 합산값(24)을 그대로 답으로 고르는 것이다(③). 정수배 방법은 반드시 마지막에 지속시간의 배수 n으로 나누어야 원래 단위도와 동일한 총 유출용적(단위 유효우량 1)을 유지할 수 있다. 나누는 단계를 빠뜨리면 3시간 단위도의 종거가 실제보다 n배 커진 값이 되어 오답으로 이어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

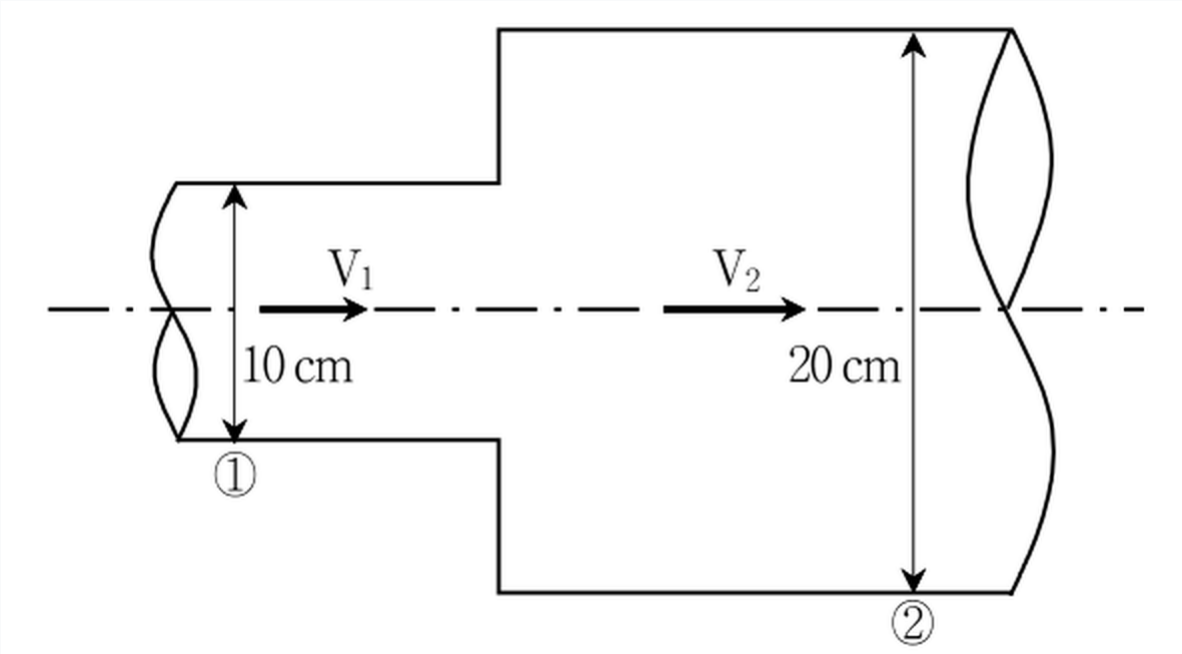
정수배 방법 문제가 나오면 먼저 원래 단위도를 몇 시간씩 지연시켜 몇 개를 합산해야 하는지(즉 n =목표 지속시간/원래 지속시간)를 확정한다. 그다음 시간별로 지연된 종거들을 합산한 표를 만들고, 합산값 중 최댓값을 찾은 뒤 반드시 n으로 나누어 최종 답을 구한다. 나누기 전 값과 나눈 후 값을 혼동하지 않도록 유의한다.

암기 포인트

정수배 방법: 지속시간 t인 단위도를 1시간씩 지연시켜 n개 합산한 뒤 n으로 나누면 지속시간 nt인 단위도가 된다. 합산만 하고 나누기를 빠뜨리면 안 된다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 직경이 10cm에서 20cm로 단면이 급확대된 원형관로에서 물이 수평방향으로 흐르고 있다. 단면 ①에서의 유속과 압력이 각각 4.0m/s, 5t/m²일 때, 단면 ②에서의 압력은? (단, 단면 급확대에 따른 손실계수는 0.5, 중력가속도는 10m/s²으로 가정하며, 마찰손실은 무시하고 단면 급확대에 따른 미소손실만 고려한다)



① 4.15t/m²

② 4.35t/m²

③ 5.15t/m²

④ 5.35t/m²

정답 4번

출제 포인트

단면이 급확대되는 관로에서 연속방정식으로 하류 유속을 구하고, 손실수두를 포함한 에너지방정식(베르누이 방정식)을 세워 하류 단면의 압력을 구하는 문제이다. 단면 급확대에 따른 미소손실을 어떤 속도수두 기준으로 산정하는지가 계산의 핵심이다.

조건 정리

단면 ①: 직경 $D_1 = 10\text{cm}$, 유속 $V_1 = 4.0\text{m/s}$, 압력 $P_1 = 5\text{t/m}^2$. 단면 ②: 직경 $D_2 = 20\text{cm}$. 급확대 손실계수 $K = 0.5$, 중력가속도 $g = 10\text{m/s}^2$, 물의 단위중량 $\gamma = 1\text{t/m}^3$($\gamma = \rho g$). 마찰손실은 무시하고 급확대에 따른 미소손실만 고려하며, 관로는 수평이므로 위치수두 차이는 없다.

NoteBase

사용할 공식

연속방정식: $A_1V_1 = A_2V_2$, 여기서 $A \propto D^2$이므로 $V_2 = V_1\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$. 에너지방정식(수평관, 위치수두 동일): $\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_e$. 급확대 미소손실수두: $h_e = K\frac{V_1^2}{2g}$.

계산 과정

1) 유속비: $\frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 = \left(\frac{10}{20}\right)^2 = \frac{1}{4}$이므로 $V_2 = 4.0 \times \frac{1}{4} = 1.0\text{m/s}$. 2) 속도수두: $\frac{V_1^2}{2g} = \frac{4.0^2}{2\times 10} = 0.8\text{m}$, $\frac{V_2^2}{2g} = \frac{1.0^2}{2\times 10} = 0.05\text{m}$. 3) 손실수두: $h_e = K\frac{V_1^2}{2g} = 0.5 \times 0.8 = 0.4\text{m}$. 4) 에너지방정식에 대입: $\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_e \rightarrow 5 + 0.8 = \frac{P_2}{\gamma} + 0.05 + 0.4 \rightarrow \frac{P_2}{\gamma} = 5.35\text{m}$. 5) $\gamma = 1\text{t/m}^3$이므로 $P_2 = 5.35\text{t/m}^2$이다.

선지 판단

① 4.15 t/m^2 X: 속도수두 항 부호나 손실수두 산정을 잘못 적용하면 나오는 값으로, 실제 계산값 5.35 t/m^2와 다르다.
② 4.35 t/m^2 X: 위치수두나 속도수두 항을 누락·오적용한 값이며 계산값과 일치하지 않는다.
③ 5.15 t/m^2 X: 손실수두를 $(V_1 - V_2)^2/2g$ 형태로 잘못 산정하면 나올 수 있는 값이나, 이 문제에서 주어진 손실계수는 $V_1^2/2g$에 곱하는 형태이므로 맞지 않는다.
④ 5.35 t/m^2 O: 연속방정식으로 $V_2 = 1.0\text{m/s}$를 구하고 손실수두 $h_e = KV_1^2/2g = 0.4\text{m}$를 반영한 에너지방정식 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

급확대관의 손실수두 공식을 혼동하기 쉽다. 일반적으로 배우는 급확대 손실수두는 $(V_1 - V_2)^2/2g$ 형태(이때 이론적 손실계수는 1)이지만, 이 문제는 손실계수 $K = 0.5$를 상류 속도수두 $V_1^2/2g$에 곱하는 형태로 제시했으므로 문제에서 준 조건을 그대로 식에 대입해야 한다. 또한 연속방정식에서 유속은 직경의 제곱에 반비례한다는 점을 놓치면 V_2를 잘못 구해 이후 계산이 모두 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

급확대관 문제는 먼저 연속방정식으로 하류 유속을 구하고, 에너지방정식에 손실수두 항을 더해 압력을 구한다는 순서로 접근한다. 손실수두를 어떤 속도수두(상류 $V_1^2/2g$인지, 속도차 $(V_1 - V_2)^2/2g$인지)에 곱하는지는 문제에서 제시한 손실계수의 정의를 그대로 따라야 하며, 임의로 공식을 바꿔 적용하지 않는다.

암기 포인트

연속방정식: $V_2 = V_1(D_1/D_2)^2$. 수평관 에너지방정식: $P_1/\gamma + V_1^2/2g = P_2/\gamma + V_2^2/2g + h_e$. 급확대 손실수두는 문제에서 제시된 기준 속도수두에 손실계수를 곱해 산정한다.

NoteBase

문 8. 인공적으로 조성한 직사각형 수로의 폭이 5m이고 현재 흐르는 물의 속도와 유량이 각각 5m/s와 $25\text{m}^3/\text{s}$이다. 이 흐름의 종류와 비에너지는? (단, 에너지보정계수는 1이고, 중력가속도는 $10\text{m}/\text{s}^2$로 가정한다)

① 흐름의 종류: 사류, 비에너지: 2.25m

② 흐름의 종류: 사류, 비에너지: 2.50m

③ 흐름의 종류: 상류, 비에너지: 2.25m

④ 흐름의 종류: 상류, 비에너지: 2.50m

정답 1번

출제 포인트

직사각형(구형) 수로에서 유량과 폭, 유속이 주어졌을 때 수심을 먼저 구하고, 이를 이용해 프루드수(또는 한계수심)로 흐름의 종류(상류/사류)를 판정한 뒤 비에너지를 계산하는 문제이다. 연속방정식 $Q = AV$로 수심을 구하는 것이 첫 단계이고, 비에너지 공식 $E = y + \frac{\alpha V^2}{2g}$에서 에너지보정계수 $\alpha = 1$을 그대로 적용하는 것이 핵심이다.

조건 정리

수로 폭 $b = 5$ m, 유속 $V = 5$ m/s, 유량 $Q = 25$ m^3/s, 에너지보정계수 $\alpha = 1$, 중력가속도 $g = 10$ m/s^2이다. 직사각형 단면이므로 단면적은 $A = by$이고, 단위폭당 유량은 $q = Q/b$이다.

사용할 공식

연속방정식: $Q = AV = byV$. 비에너지: $E = y + \frac{\alpha V^2}{2g}$. 프루드수: $Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}}$이며, $Fr > 1$이면 사류(supercritical), $Fr < 1$이면 상류(subcritical)이다. 같은 판정을 한계수심 $y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}$과 실제 수심 y를 비교해서 해도 된다($y < y_c$이면 사류, $y > y_c$이면 상류).

계산 과정

수심을 구하면 $y = \frac{Q}{bV} = \frac{25}{5 \times 5} = 1$ m이다.
프루드수는 $Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}} = \frac{5}{\sqrt{10 \times 1}} = \frac{5}{\sqrt{10}} \approx 1.58$로 1보다 크므로 이 흐름은 사류이다.
(검산: 단위폭당 유량 $q = Q/b = 5$ m^2/s이므로 한계수심은 $y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} = \left(\frac{25}{10}\right)^{1/3} \approx 1.36$ m이다. 실제 수심 $y = 1$ m이 y_c보다 작으므로 역시 사류로 판정된다.)
비에너지는 $E = y + \frac{\alpha V^2}{2g} = 1 + \frac{1 \times 5^2}{2 \times 10} = 1 + \frac{25}{20} = 1 + 1.25 = 2.25$ m이다.

NoteBase

선지 판단

① 흐름의 종류: 사류, 비에너지: 2.25 m — O. 계산 결과 $Fr \approx 1.58 > 1$로 사류이고, $E = 2.25$ m로 정확히 일치한다.
② 흐름의 종류: 사류, 비에너지: 2.50 m — X. 흐름의 종류는 맞지만 비에너지 값이 틀렸다. 2.50 m는 $V^2/(2g)$ 항만 계산하거나 수심을 잘못 더한 값으로, 올바른 비에너지는 2.25 m이다.
③ 흐름의 종류: 상류, 비에너지: 2.25 m — X. 비에너지 값은 맞지만 흐름의 종류가 틀렸다. $Fr > 1$이므로 상류가 아니라 사류이다.
④ 흐름의 종류: 상류, 비에너지: 2.50 m — X. 흐름의 종류와 비에너지 값이 모두 틀렸다.

오답 포인트

흐름의 종류를 유속이 크다는 인상만으로 상류라고 착각하기 쉬운데, 반드시 수심을 먼저 구한 뒤 프루드수(또는 한계수심 비교)로 판정해야 한다. 또한 비에너지를 $V^2/(2g)$ 항만으로 계산하거나 수심을 더하지 않고 답하면 2.50 m처럼 틀린 값이 나오므로, 비에너지 공식에서 위치수두 역할을 하는 수심 y를 빠뜨리지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 수로에서 폭, 유속, 유량이 주어지면 가장 먼저 $Q = AV$로 수심을 구한다. 그다음 프루드수 $Fr = V/\sqrt{gy}$를 계산하여 1보다 크면 사류, 1보다 작으면 상류로 판정하고, 마지막으로 비에너지 $E = y + \alpha V^2/(2g)$를 계산해 수심과 속도수두를 모두 더한다. 이 세 단계(수심 산출 → 흐름 판정 → 비에너지 계산)를 순서대로 밟으면 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

연속방정식 $Q = byV$, 프루드수 $Fr = V/\sqrt{gy}$ ($Fr > 1$: 사류, $Fr < 1$: 상류), 비에너지 $E = y + \alpha V^2/(2g)$를 한 세트로 기억해 둔다.

NoteBase

문 9. 폭이 5m인 직사각형 단면 수로에 $20\sqrt{5}\,\mathrm{m^3/s}$의 물이 흐르고 있다. 등류수심이 3.12m일 때, 수로구간의 한 단면에서 측정한 수심이 2.5m였다면, 이 흐름의 수면곡선형은? (단, 중력가속도는 $10\,\mathrm{m/s^2}$으로 가정한다)

① S1

② M1

③ S2

④ M2

정답 4번

출제 포인트

직사각형 수로에서 한계수심과 등류수심을 각각 계산한 뒤, 실제 측정수심이 이 둘 사이에서 어디에 위치하는지로 경사구분(완경사/급경사)과 수면곡선의 영역(1, 2, 3)을 판정하는 문제이다. 등류수심(정상류일 때의 수심)과 한계수심(단위폭당 유량으로 결정되는 임계 수심)의 대소 관계로 경사 종류가 정해지고, 실제수심과 두 기준수심의 상대적 위치로 M1·M2·M3(완경사) 또는 S1·S2·S3(급경사)가 정해진다.

조건 정리

수로 폭 $b = 5$ m, 유량 $Q = 20\sqrt{5}$ $\mathrm{m^3/s}$, 등류수심 $y_n = 3.12$ m, 실제 측정수심 $y = 2.5$ m, 중력가속도 $g = 10$ $\mathrm{m/s^2}$이다. 직사각형 단면이므로 단위폭당 유량 $q = Q/b$로 한계수심을 구할 수 있다.

사용할 공식

단위폭당 유량 $q = \frac{Q}{b}$, 직사각형 단면의 한계수심 $y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}$. 경사 판정은 등류수심과 한계수심의 대소로 하며, $y_n > y_c$이면 완경사(mild slope, M계열), $y_n < y_c$이면 급경사(steep slope, S계열)이다. 완경사에서는 $y > y_n > y_c$이면 M1, $y_n > y > y_c$이면 M2, $y_n > y_c > y$이면 M3이다.

계산 과정

단위폭당 유량은 $q = \frac{20\sqrt{5}}{5} = 4\sqrt{5}$ $\mathrm{m^2/s}$이다.
한계수심은 $y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} = \left(\frac{(4\sqrt{5})^2}{10}\right)^{1/3} = \left(\frac{80}{10}\right)^{1/3} = 8^{1/3} = 2$ m이다.
등류수심 $y_n = 3.12$ m과 한계수심 $y_c = 2$ m을 비교하면 $y_n > y_c$이므로 이 수로는 완경사(mild slope)이다.
실제 측정수심 $y = 2.5$ m는 $y_c(2\text{ m}) < y(2.5\text{ m}) < y_n(3.12\text{ m})$ 범위에 있으므로, 완경사에서 등류수심보다 얕고 한계수심보다는 깊은 영역 2에 해당한다. 따라서 수면곡선형은 M2이다.

NoteBase

선지 판단

① S1: 급경사(S계열)에서 수심이 등류수심보다도 큰 배수곡선 영역이다. 이 수로는 $y_n > y_c$로 완경사이므로 S계열 자체가 성립하지 않는다 → X

② M1: 완경사에서 수심이 등류수심보다 큰 영역($y > y_n > y_c$)의 배수곡선이다. 이 문제의 실제수심 2.5m는 등류수심 3.12m보다 작으므로 해당하지 않는다 → X

③ S2: 급경사(S계열)에서 등류수심과 한계수심 사이에 있는 영역이다. 이 수로가 완경사이므로 S계열이 아니다 → X

④ M2: 완경사이면서 실제수심이 한계수심 2m와 등류수심 3.12m 사이(2m<2.5m<3.12m)에 위치하므로 저하곡선 형태인 M2에 해당한다 → O

오답 포인트

가장 흔한 실수는 경사 판정을 건너뛰고 곧바로 수심 크기만으로 답을 고르는 것이다. 반드시 등류수심과 한계수심을 먼저 비교해 완경사(M)인지 급경사(S)인지부터 정한 뒤, 그 경사 계열 안에서 실제수심의 위치(1·2·3 영역)를 따져야 한다. 이 문제는 $y_n = 3.12\text{m} > y_c = 2\text{m}$로 완경사이므로 S1, S2 같은 급경사 선지는 애초에 성립하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 단면에서 등류수심·한계수심 비교형 문제가 나오면 먼저 $q = Q/b$로 단위폭당 유량을 구하고 $y_c = (q^2/g)^{1/3}$로 한계수심을 계산한다. 이후 등류수심과 한계수심을 비교해 경사 종류(M 또는 S)를 정하고, 실제(측정)수심이 두 기준수심 중 어디에 위치하는지로 영역 번호(1·2·3)를 정한다.

암기 포인트

완경사(M, $y_n > y_c$): $y > y_n > y_c$이면 M1, $y_n > y > y_c$이면 M2, $y_n > y_c > y$이면 M3. 급경사(S, $y_c > y_n$): $y > y_c > y_n$이면 S1, $y_c > y > y_n$이면 S2, $y_c > y_n > y$이면 S3. 두 계열 모두 숫자가 커질수록(1→3) 실제수심이 얕아지는 순서라는 점도 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 10. 직경 $0.2m$의 원형 단면 관을 통하여 물이 흐르고 있다. 관 내의 유속은 관 중심에서 $2[m/s]$로 최대를 나타내고, 선형적으로 감소하여 관 벽에서 $0.5[m/s]$가 되는 분포를 나타낼 때, 이 관의 유량은?

① $0.0107[m^3/s]$

② $0.0314[m^3/s]$

③ $0.0471[m^3/s]$

④ $0.0628[m^3/s]$

정답 2번

출제 포인트

원형 관 내 유속이 중심에서 최대이고 반지름 방향으로 선형적으로 감소하는 분포를 알 때, 단면 전체의 유량(체적유량)을 적분으로 구할 수 있는지를 확인하는 문제이다. 평균유속에 단면적을 곱하는 방식이 아니라, 반지름에 따라 변하는 유속분포를 고리모양(환상) 미소 단면적에 대해 적분해야 정확한 유량이 나온다는 점이 핵심이다.

조건 정리

관의 직경은 0.2 m이므로 반지름은 $R = 0.1$ m이다. 유속은 관 중심(반지름 $r = 0$)에서 최대값 $v_{\max} = 2$ m/s이고, 관 벽($r = R = 0.1$ m)에서 $v_{wall} = 0.5$ m/s이며, 그 사이는 반지름 r에 대해 선형적으로 감소한다.

사용할 공식

선형분포이므로 유속은 $v(r) = v_{\max} - \frac{v_{\max} - v_{wall}}{R} r$ 로 나타낼 수 있다. 반지름 r에서 두께 dr인 얇은 원형 고리의 미소 단면적은 $dA = 2\pi r dr$이므로, 관 전체를 통과하는 유량은 $Q = \int_0^R v(r) 2\pi r dr$로 구한다.

계산 과정

기울기는 $\frac{v_{\max} - v_{wall}}{R} = \frac{2 - 0.5}{0.1} = 15$이므로 $v(r) = 2 - 15r$이다(단위 m/s, r은 m). 따라서
$Q = 2\pi \int_0^{0.1} (2 - 15r) r dr = 2\pi \int_0^{0.1} (2r - 15r^2) dr$이다. 적분하면
$\int_0^{0.1} (2r - 15r^2) dr = [r^2 - 5r^3]_0^{0.1} = (0.1)^2 - 5(0.1)^3 = 0.01 - 0.005 = 0.005$이다. 따라서
$Q = 2\pi \times 0.005 \approx 0.0314$ m^3/s이다.

NoteBase

선지 판단

① 0.0107 m^3/s → X, 이 값은 관 벽 유속 0.5 m/s를 단순히 단면적 전체에 곱한 값($0.5 \times \pi \times 0.1^2 \approx 0.0157$)도 아니고 실제 적분 결과와 다르다. 반지름에 따른 분포를 고려하지 않고 잘못 단순화하면 나올 수 있는 값으로, 실제 유량과 일치하지 않는다.
② 0.0314 m^3/s → O, 유속의 선형분포를 반영해 고리형 단면적에 대해 적분한 결과와 정확히 일치한다.
③ 0.0471 m^3/s → X, 최대유속 2 m/s를 단면 전체에 그대로 곱한 값($2 \times \pi \times 0.1^2 \approx 0.0628$)의 절반 근처이지만, 실제 적분값과는 다르다. 평균유속을 최대유속과 벽면유속의 단순 산술평균(1.25 m/s)으로 잘못 잡아 단면적을 곱하면 나오는 값($1.25 \times \pi \times 0.01 \approx 0.0393$)과도 다르며, 적분을 거치지 않고 근사한 값이라 오답이다.
④ 0.0628 m^3/s → X, 이는 최대유속 2 m/s가 단면 전체에서 일정하다고 잘못 가정했을 때의 유량($v_{\max} \times \pi R^2 = 2 \times \pi \times 0.01 \approx 0.0628$)이다. 실제로는 중심에서 벽으로 갈수록 유속이 줄어들므로 이 값보다 작아야 하며, 유속분포를 고려하지 않은 값이라 오답이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 유량을 구할 때 유속을 대표값 하나(최대유속이나 평균유속을 잘못 추정한 값)로 놓고 단순히 단면적(πR^2)을 곱하는 것이다. 그러나 유속이 반지름에 따라 달라지는 분포로 주어지면, 반지름 위치마다 다른 유속에 그 위치의 고리형 미소면적($2\pi r dr$)을 곱해 적분해야 정확한 유량이 나온다. 이 문제에서는 벽면 유속이 0이 아니라 0.5 m/s로 주어진 점도 놓치지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

관 내 유속이 중심에서 최대이고 벽 쪽으로 선형(또는 다른 함수 형태)으로 변하는 분포가 주어지면, 먼저 반지름 r에 대한 유속함수 $v(r)$을 세우고, 유량은 항상 $Q = \int_0^R v(r) 2\pi r dr$로 계산한다는 원칙을 적용한다. 선형분포일 때는 기울기를 $\frac{v_{\max} - v_{wall}}{R}$로 구해 $v(r) = v_{\max} - \frac{v_{\max} - v_{wall}}{R} r$을 세우면 계산이 수월하다.

암기 포인트

원형 단면에서 유속이 반지름에 따라 변할 때 유량은 $Q = \int_0^R v(r) 2\pi r dr$로 구한다는 것과, 고리형 미소면적은 $dA = 2\pi r dr$라는 것을 기억해 둔다. 평균유속을 단순 산술평균으로 대체하면 오답이 될 수 있음도 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 11. 관수로 흐름과 개수로 흐름에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 관수로 흐름은 주로 압력의 지배를 받으며, 개수로 흐름은 주로 중력의 지배를 받는다.

② 관내 흐름에서 자유수면이 있는 경우에는 개수로 흐름으로 해석한다.

③ 관수로 흐름은 레이놀즈(Reynolds)수에 의해 층류, 난류로 구분되며, 개수로 흐름은 프루드(Froude)수에 의해 상류, 사류로 구분된다.

④ 관수로 흐름에서는 마찰손실을 고려하나, 개수로 흐름에서는 마찰손실을 고려하지 않는다.

정답 4번

출제 포인트

관수로(관내) 흐름과 개수로(자유수면) 흐름의 근본적인 차이를 지배력, 판정 기준, 손실 처리 방식 측면에서 정확히 구분할 수 있는지를 묻는다. 옳지 않은 설명 하나를 골라야 하므로 각 선지의 핵심 진술을 하나씩 사실과 대조해야 한다.

핵심 개념

관수로 흐름은 관 전체가 물로 채워져 흐르며 압력의 지배를 받는 흐름이고, 개수로 흐름은 자유수면(대기와 접하는 수면)을 가지며 중력의 지배를 받는 흐름이다. 관 내부를 흐르더라도 물이 관을 가득 채우지 못해 자유수면이 생기면 그 구간은 개수로 흐름으로 취급한다. 두 흐름은 층류·난류를 구분하는 기준과 흐름 상태를 구분하는 기준이 서로 다르다: 관수로 흐름은 레이놀즈수로 층류와 난류를 구분하고, 개수로 흐름은 프루드수로 상류와 사류를 구분한다. 마찰손실은 흐름의 종류와 무관하게 실제 흐름에서 항상 발생하는 에너지 손실이므로, 관수로든 개수로든 에너지방정식을 세울 때 마찰손실수두를 고려해야 한다.

선지별 해설

① 관수로 흐름은 압력의 지배를 받고 개수로 흐름은 중력의 지배를 받는다는 설명은 두 흐름의 가장 근본적인 차이를 정확히 서술한 것이므로 옳은 내용이다.
② 관 내부를 흐르더라도 물이 관을 완전히 채우지 않아 자유수면이 존재하면 그 흐름은 압력이 아닌 중력의 지배를 받으므로 개수로 흐름으로 해석하는 것이 맞다. 옳은 내용이다.
③ 관수로 흐름의 층류·난류 구분 기준이 레이놀즈수이고, 개수로 흐름의 상류·사류 구분 기준이 프루드수라는 설명은 각 흐름의 표준적인 판정 기준을 정확히 짝지은 것이므로 옳은 내용이다.
④ 관수로 흐름에서만 마찰손실을 고려하고 개수로 흐름에서는 마찰손실을 고려하지 않는다는 설명은 옳지 않다. 개수로 흐름 역시 관로 벽면 또는 수로 바닥·측벽과의 마찰에 의한 에너지 손실이 실제로 발생하며, 개수로 흐름의 에너지방정식(예: 등류 계산이나 배수곡선 해석)에서도 마찰손실수두를 반드시 반영한다. 따라서 마찰손실을 고려하지 않는다는 서술이 틀린 표현이며, 올바른 표현은 '개수로 흐름에서도 마찰손실을 고려한다'이다.

NoteBase

오답 포인트

①②③은 관수로·개수로의 지배력, 자유수면 판정, 층류·난류 및 상류·사류 구분 기준을 정확하게 서술하고 있어 옳은 설명으로 넘어가기 쉽다. 함정은 ④처럼 '한쪽만 고려하고 다른 쪽은 고려하지 않는다'는 식으로 손실 요소를 흐름 종류에 따라 배타적으로 나누는 서술이다. 마찰손실은 관수로·개수로 모두에서 발생하는 보편적인 에너지 손실이라는 점을 놓치면 이 선지를 옳은 것으로 착각할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

관수로·개수로 비교 문제는 지배력(압력 vs 중력), 자유수면 유무, 판정 기준(레이놀즈수 vs 프루드수)까지는 대체로 정확하게 출제되므로, 손실이나 에너지방정식 관련 서술이 나오면 '한쪽에서만 발생한다'는 배타적 표현이 있는지부터 의심한다. 마찰손실처럼 흐름의 물리적 본질(점성 유체가 고체 경계와 접촉)에서 비롯되는 요소는 관수로·개수로 구분과 무관하게 항상 존재한다는 원칙을 기준으로 판단한다.

암기 포인트

관수로=압력지배·레이놀즈수(층류/난류), 개수로=중력지배·프루드수(상류/사류)로 짝지어 기억하고, 마찰손실은 관수로·개수로 모두에 공통으로 존재하는 손실이라는 점을 별도로 기억해 둔다.

NoteBase

문 12. 하천에서 수위-유량 관계곡선에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 수위를 측정하여 유량으로 환산하는 데 편리하며, 홍수에 의해 하도가 바뀌기 때문에 수시로 수위-유량 관계곡선을 확인하여야 한다.

② 수위-유량 관계곡선의 연장 방법에는 전대수지법과 Stevens방법 등이 있다.

③ 자연 하천에서는 홍수 시 동일 수위에 대하여, 수위의 상승 시 유량과 하강 시 유량이 같게 나타난다고 본다.

④ 배수효과가 발생할 경우, 측점에서의 에너지선 경사 혹은 수면곡선 경사는 등류수위에서의 경사보다 완만해진다.

정답 3번

출제 포인트

수위-유량 관계곡선(rating curve)의 작성·연장 방법과, 홍수 시 나타나는 이력현상(looping rating curve)의 개념을 정확히 이해하고 있는지를 묻는 문제이다. 특히 자연 하천에서 홍수가 지나갈 때 상승부와 하강부의 유량이 같은 수위에서도 서로 달라진다는 점이 핵심이다.

핵심 개념

수위-유량 관계곡선은 특정 지점에서 측정된 수위(H)와 유량(Q)의 대응 관계를 곡선으로 나타낸 것으로, 수위만 측정하면 유량을 환산할 수 있어 매우 편리하다. 다만 홍수로 하도의 단면이나 조도가 변하면 기존 곡선이 더 이상 맞지 않으므로 수시로 검정(rating)을 다시 해야 한다. 관계곡선을 실측 범위 밖(고수위·저수위)까지 연장할 때는 전대수지법(수위-유량을 로그로 변환해 직선으로 연장)과 Stevens 방법(단면적×평균유속 관계를 이용해 연장) 등이 쓰인다. 한편 홍수과정에서는 loop형 수위-유량 관계가 나타나는데, 이는 부등류 상태에서 동일한 수위라도 수면경사가 상승부에서는 더 급하고 하강부에서는 더 완만하기 때문이다. 이 결과 같은 수위에서도 상승 시 유량이 하강 시 유량보다 크게 나타나며, 두 유량이 같다고 보는 것은 부정확하다. 배수효과(backwater)가 있는 구간에서는 하류 조건의 영향으로 에너지선 경사·수면경사가 등류(정상 균일류) 상태의 경사보다 완만해지는 특징을 보인다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 수위-유량 관계곡선은 수위 측정만으로 유량을 환산할 수 있어 실무적으로 편리하지만, 홍수로 하도 형상이 바뀌면 기존 곡선이 부정확해지므로 주기적으로 재검정해야 한다는 설명은 옳다.
② O — 수위-유량 관계곡선을 실측되지 않은 구간까지 연장하는 대표적 방법으로 전대수지법과 Stevens 방법이 실제로 사용되므로 옳은 설명이다.
③ X — 자연 하천에서는 홍수 시 동일한 수위라도 수위 상승 시 유량과 하강 시 유량이 다르게 나타나는 이력현상(loop rating curve)이 발생한다. 상승부의 수면경사가 더 급하여 같은 수위에서 유량이 더 크고, 하강부는 경사가 완만하여 유량이 더 작다. 따라서 상승 시와 하강 시 유량이 같게 나타난다고 보는 것은 틀린 설명이며, 이 문항의 정답이다.
④ O — 배수효과가 발생하면 하류 조건(저수지, 합류점 등)의 영향으로 에너지선 경사 또는 수면곡선 경사가 등류수위에서의 경사보다 완만해지는 것이 맞는 설명이다.

오답 포인트

①·②·④는 수위-유량 관계곡선의 정의·연장 방법·배수효과의 특성을 각각 사실대로 서술한 옳은 설명이라 헷갈리기 쉽지만, ③은 홍수 시 이력현상(loop)을 무시하고 상승부와 하강부의 유량을 같다고 단정한 부분이 틀렸다. '동일 수위=동일 유량'이라는 직관적 생각과 반대로, 부등류 조건에서는 수면경사 차이 때문에 상승부 유량이 더 크다는 점을 놓치면 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

수위-유량 관계곡선 문제에서 '홍수 시 상승 시와 하강 시 유량이 같다(또는 곡선이 하나로 일치한다)'는 서술이 나오면 우선 의심한다. 실제로는 loop형 곡선이 되어 동일 수위에서 상승부 유량이 하강부 유량보다 크게 나타난다는 것을 기준으로 옳고 그름을 판단한다.

암기 포인트

수위-유량 관계곡선: 편리하지만 홍수 후 재검정 필요 / 연장법=전대수지법·Stevens 방법 / 홍수 시 loop(이력)현상: 동일 수위라도 상승 유량 > 하강 유량 / 배수효과 시 에너지선·수면경사는 등류경사보다 완만해짐.

NoteBase

문 13. 어떤 유역의 10년 빈도 강우 강도식은 $I_{10} = \frac{3,000}{t+10}$[mm/hr]이며, 합리식을 이용한 10년 빈도 설계홍수량은 60[m^3/s]이다. 이 유역의 유출계수는? (단, 유역면적은 7.2[km^2], 도달시간은 40분이다)

① 0.4

② 0.5

③ 0.6

④ 0.7

정답 2번

출제 포인트

합리식(Rational Formula)을 이용해 강우강도-지속시간 관계식에서 강우강도를 구하고, 이를 설계홍수량 공식에 대입해 유출계수를 역산할 수 있는지를 묻는다. 단위 환산(㎢·mm/hr → m^3/s)을 정확히 처리하는 것이 핵심이다.

조건 정리

강우강도식은 $I_{10} = \frac{3,000}{t+10}$[mm/hr]이고, 도달시간 $t = 40$분이다. 유역면적 $A = 7.2\,km^2$, 10년 빈도 설계홍수량 $Q = 60\ m^3/s$이다. 합리식에서 강우강도의 지속시간은 도달시간과 같게 적용하므로 $t = 40$을 그대로 대입한다.

사용할 공식

합리식은 $Q = \frac{1}{3.6}CIA$이다. 여기서 Q는 첨두홍수량[m^3/s], C는 유출계수(무차원), I는 강우강도[mm/hr], A는 유역면적[km^2]이며, 계수 $\frac{1}{3.6}$은 $mm \cdot km^2/hr$ 단위를 m^3/s로 환산하기 위한 값이다.

계산 과정

먼저 강우강도를 구하면 $I_{10} = \frac{3,000}{40+10} = \frac{3,000}{50} = 60$ mm/hr이다. 이를 합리식에 대입하면 $60 = \frac{1}{3.6} \times C \times 60 \times 7.2$이다. 우변의 $\frac{60 \times 7.2}{3.6} = \frac{432}{3.6} = 120$이므로 $60 = 120C$이고, 따라서 $C = \frac{60}{120} = 0.5$이다.

선지 판단

① 0.4 → X, 강우강도와 면적을 대입해 계산하면 유출계수는 0.5가 되므로 0.4는 틀린 값이다.

② 0.5 → O, 계산 과정에서 도출한 값과 일치한다.

③ 0.6 → X, 단위 환산 계수 3.6을 누락하거나 잘못 적용했을 때 나올 수 있는 값으로 틀린 값이다.

④ 0.7 → X, 계산 결과와 맞지 않는 값이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제에서 실수하기 쉬운 부분은 두 가지이다. 첫째, 강우강도식에 도달시간 40분을 대입할 때 t+10을 t-10 등으로 잘못 계산하지 않도록 주의한다. 둘째, 합리식의 단위 환산 계수 $\frac{1}{3.6}$을 빠뜨리거나 반대로 곱해버리면 유출계수가 실제보다 훨씬 작거나 커지므로, mm/hr·km^2 단위를 m^3/s로 바꾸는 계수의 역할을 정확히 이해하고 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

합리식 문제가 나오면 먼저 도달시간을 강우강도식의 지속시간 t에 대입해 강우강도를 구하고, 그다음 합리식 $Q = \frac{1}{3.6}CIA$에 주어진 값을 대입해 미지수(유출계수, 면적, 홍수량 중 하나)를 역산하는 순서로 접근한다.

암기 포인트

합리식 $Q = \frac{1}{3.6}CIA$ (단위: Q[m^3/s], I[mm/hr], A[km^2])를 기억해 두고, 강우강도식에는 도달시간을 지속시간으로 대입한다는 원칙을 함께 익혀 둔다.

NoteBase

문 14. 양수발전소에서 동력 20,000 kW인 펌프를 이용하여 물을 표고 50 m인 저수지에서 표고 230 m의 높이까지 양수할 때, 최대 양수량은? (단, 양수과정에서의 모든 손실수두의 합은 20 m이고, 펌프의 효율은 49%이다)

① $3.0\text{m}^3/\text{s}$

② $5.0\text{m}^3/\text{s}$

③ $7.0\text{m}^3/\text{s}$

④ $10.0\text{m}^3/\text{s}$

정답 2번

출제 포인트

펌프의 동력, 전양정, 효율이 주어졌을 때 펌프가 양수할 수 있는 최대 유량(양수량)을 구하는 문제이다. 실양정에 손실수두를 더해 전양정을 구하고, 동력식에 효율을 반영해 유량을 역산하는 과정이 핵심이다.

조건 정리

펌프 동력 $P = 20{,}000\ \text{kW} = 2 \times 10^7\ \text{W}$; 저수지 표고 50 m, 양수 목표 표고 230 m이므로 실양정 $H_a = 230 - 50 = 180\ \text{m}$; 손실수두의 합 $h_l = 20\ \text{m}$; 전양정 $H = H_a + h_l = 200\ \text{m}$; 펌프 효율 $\eta = 0.49$; 물의 단위중량 $\gamma = 9.8\ \text{kN/m}^3$(또는 ρg).

사용할 공식

펌프의 동력식은 $P = \frac{\gamma Q H}{\eta}$ 이다. 여기서 P는 펌프에 공급되는 동력, Q는 양수량, H는 전양정, η는 펌프 효율이다. 이를 Q에 대해 정리하면 $Q = \frac{P\eta}{\gamma H}$ 가 된다.

계산 과정

전양정을 먼저 구하면 $H = (230 - 50) + 20 = 200\ \text{m}$이다. 이제 동력식에 값을 대입한다.
$Q = \frac{P\eta}{\gamma H} = \frac{20{,}000 \times 0.49}{9.8 \times 200}$ 분자는 $20{,}000 \times 0.49 = 9{,}800$, 분모는 $9.8 \times 200 = 1{,}960$이므로
$Q = \frac{9{,}800}{1{,}960} = 5.0\ \text{m}^3/\text{s}$ 이다.

NoteBase

선지 판단

① 3.0 m^3/s: X. 전양정 200 m를 실양정 180 m로 착각하거나 효율 반영을 잘못했을 때 나올 수 있는 값으로, 올바른 계산 결과인 5.0 m^3/s보다 작다.
② 5.0 m^3/s: O. 전양정 200 m와 효율 49%를 동력식에 대입하면 정확히 5.0 m^3/s가 산출된다.
③ 7.0 m^3/s: X. 손실수두를 빼고 실양정만 사용하거나 효율을 반대로(나누지 않고 곱해야 할 곳에서 잘못 적용) 계산했을 때 나올 수 있는 오답으로, 올바른 값보다 크다.
④ 10.0 m^3/s: X. 효율 49%를 반영하지 않고 이상적인 조건으로 계산하면 나올 수 있는 값으로, 실제 펌프의 손실을 고려하지 않은 오답이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 실양정(180 m)과 전양정(200 m)을 혼동하는 것이다. 표고 차이만 계산하고 손실수두 20 m를 더하지 않으면 전양정이 작게 나와 유량이 실제보다 크게 계산된다. 또한 효율을 곱해야 할지 나누어야 할지 헷갈리기 쉬운데, 펌프는 공급 동력의 일부만 유효한 양수 일로 쓰이므로 유효동력이 공급동력보다 작다는 점, 즉 $P\eta$가 실제 양수에 쓰이는 동력이라는 점을 기억해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

펌프 양수량 문제가 나오면 가장 먼저 전양정부터 확정한다. 전양정은 반드시 실양정(높이 차)에 모든 손실수두를 더한 값이며, 저수지 표고와 목표 표고의 차이만으로 답을 내지 않는다. 그다음 동력식 $P = \gamma QH/\eta$에 숫자를 대입해 Q를 구하면 실수 없이 풀 수 있다.

암기 포인트

전양정 = 실양정(양수 높이 차) + 총손실수두. 펌프 동력식 $P = \frac{\gamma QH}{\eta}$에서 효율 η는 분모에 있으므로, 유량을 구할 때는 $Q = \frac{P\eta}{\gamma H}$로 분자에 곱해 준다는 점을 기억해 둔다.

NoteBase

문 15. 수조로부터 단면적이 10cm^2인 작은 오리피스를 통해서 유출되는 물을 양동이로 1분 동안 받았더니 $420L$였다. 오리피스 중심에서 수조의 수면까지 높이가 $5m$일 때, 이 오리피스의 유량계수는? (단, 중력가속도는 10m/s^2이고, 오리피스 중심에서 수조의 수면까지 높이차는 일정하게 유지되는 것으로 가정한다)

① 0.4

② 0.5

③ 0.6

④ 0.7

정답 4번

출제 포인트

오리피스(수조 벽면의 작은 구멍) 유출 문제에서 실제 유량과 이론 유량의 비로 유량계수를 구하는 능력을 묻는다. 실측 유량을 단위 환산하여 실제 유량으로 놓고, 토리첼리 정리로 이론 유속과 이론 유량을 구한 뒤 그 비율을 계산하는 순서가 핵심이다.

조건 정리

오리피스 단면적 A = 10 cm^2 = 0.001 m^2, 실측 유출량 = 1분(60초) 동안 420 L, 오리피스 중심에서 수면까지 높이 h = 5 m, 중력가속도 g = 10 m/s^2. 높이차는 유출 동안 일정하게 유지된다고 가정하므로 유출은 정상류로 취급한다.

사용할 공식

실제 유량 Q_a=받은 물의 부피걸린 시간, 토리첼리 정리에 의한 이론 유속 $V_{th} = \sqrt{2gh}$, 이론 유량 $Q_{th} = AV_{th}$, 유량계수 $C = \frac{Q_a}{Q_{th}}$.

계산 과정

실제 유량을 구하면 420 L를 60초로 나누어 $Q_a = 7$ L/s $= 0.007$ m^3/s이다.
이론 유속은 $V_{th} = \sqrt{2 \times 10 \times 5} = \sqrt{100} = 10$ m/s이다.
이론 유량은 $Q_{th} = AV_{th} = 0.001 \times 10 = 0.01$ m^3/s이다.
유량계수는 $C = \frac{Q_a}{Q_{th}} = \frac{0.007}{0.01} = 0.7$이다.

NoteBase

선지 판단

① 0.4 — X, 계산된 유량계수 0.7과 다르다.
② 0.5 — X, 계산된 유량계수 0.7과 다르다.
③ 0.6 — X, 계산된 유량계수 0.7과 다르다.
④ 0.7 — O, 실제 유량 0.007 m^3/s를 이론 유량 0.01 m^3/s로 나눈 값과 일치한다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 420 L를 세제곱미터로 환산할 때 자릿수를 잘못 옮기거나(420 L = 0.42 m^3이 아니라 시간으로 나눈 값이 유량임을 놓치는 경우), 1분을 60초로 바꾸지 않고 그대로 나누는 경우이다. 또한 단면적 10 cm^2를 m^2로 바꿀 때 1 cm^2 = 10^-4 m^2를 적용하지 않고 10^-2를 곱하는 실수도 잦다. 이론 유속을 구할 때 $\sqrt{2gh}$의 g와 h를 바꿔 넣거나 제곱근을 빠뜨리는 것도 흔한 오류이다.

다시 나오면 이렇게 판단

오리피스 유출량 문제는 항상 실제 유량(주어진 부피/시간)과 토리첼리 이론 유량(단면적×이론유속)을 각각 독립적으로 계산한 뒤 그 비를 유량계수로 잡는다는 틀을 고정해서 적용한다. 단위를 L→m^3, cm^2→m^2, 분→초로 먼저 통일한 다음 공식에 대입하면 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

유량계수 $C = \frac{Q_a}{Q_{th}}$, 이론 유속 $V_{th} = \sqrt{2gh}$, 이론 유량 $Q_{th} = A\sqrt{2gh}$를 세트로 외워 둔다. 단위 환산값 1 L = 0.001 m^3, 1 cm^2 = 0.0001 m^2도 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 16. 도수 전 수심이 2.0m이고, 도수 전 프루드(Froude) 수가 $\sqrt{3}$인 직사각형 수로에서 도수에 의한 에너지 손실은?

① 0.15m

② 0.25m

③ 0.35m

④ 0.45m

정답 2번

출제 포인트

직사각형 수로에서 도수 전 수심과 프루드 수가 주어졌을 때, 공액수심(도수 후 수심)을 구하고 이를 이용해 도수로 인한 에너지 손실을 계산하는 문제이다. 공액수심 관계식과 에너지 손실 공식을 순서대로 적용하는 능력을 확인한다.

조건 정리

도수 전 수심 $y_1 = 2.0$ m, 도수 전 프루드 수 $Fr_1 = \sqrt{3}$ (즉 $Fr_1^2 = 3$), 직사각형 단면 수로이다. 구하는 값은 도수 전후 수심차로 인한 에너지 손실 ΔE이다.

사용할 공식

직사각형 단면 도수의 공액수심비: $\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2}\left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2}\right)$ 도수에 의한 에너지 손실: $\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1 y_2}$

계산 과정

먼저 공액수심비를 구한다. $Fr_1^2 = 3$이므로 $8Fr_1^2 = 24$이고, $1 + 24 = 25$, $\sqrt{25} = 5$이다. 따라서 $\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2}(-1 + 5) = 2$ 이므로 $y_2 = 2y_1 = 2 \times 2.0 = 4.0$ m이다. 다음으로 에너지 손실을 계산한다. $y_2 - y_1 = 4.0 - 2.0 = 2.0$ m이고, $\Delta E = \frac{(2.0)^3}{4 \times 2.0 \times 4.0} = \frac{8.0}{32.0} = 0.25$ m 따라서 도수에 의한 에너지 손실은 0.25 m이다.

선지 판단

① 0.15 m: X — 공액수심과 손실 공식을 정확히 적용하면 나오지 않는 값이다. 계산 과정 중 일부만 반영하거나 단위 계산을 잘못했을 때 나올 수 있는 값이다.
② 0.25 m: O — 공액수심 $y_2 = 4.0$ m를 구한 뒤 에너지 손실 공식에 대입하면 정확히 0.25 m가 산출된다.
③ 0.35 m: X — 올바른 계산 결과보다 큰 값으로, 공액수심비 계산에서 오차가 있을 때 나올 수 있는 값이다.
④ 0.45 m: X — 공액수심을 구하지 않고 수심차만으로 손실을 추정하는 등 잘못된 접근을 하면 나올 수 있는 값이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제의 핵심 실수는 두 가지이다. 첫째, 공액수심비 공식에서 $8Fr_1^2$을 계산할 때 Fr_1을 제곱하지 않고 그대로 대입하는 실수(즉 $Fr_1 = \sqrt{3}$을 제곱값 3으로 바꾸지 않는 경우)이다. 둘째, 에너지 손실 공식의 분모 $4y_1y_2$를 $4(y_1 + y_2)$나 $4y_1$처럼 잘못 적용하는 실수이다. 두 값을 정확히 순서대로 대입해야 0.25 m가 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

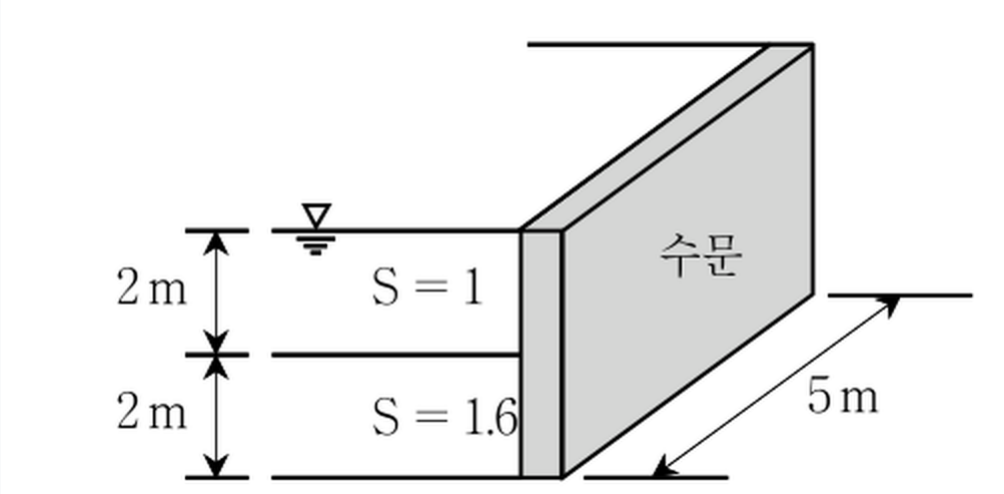
프루드 수와 도수 전 수심이 주어지면 항상 공액수심비 공식으로 y_2를 먼저 구하고, 그다음 에너지 손실 공식에 y_1, y_2 두 값을 대입하는 두 단계 순서를 지킨다. Fr_1^2가 정수로 딱 떨어지도록 주어지는 경우가 많으므로 근호 안 값을 계산할 때 제곱 여부를 항상 확인한다.

암기 포인트

직사각형 도수 공액수심비: $\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2}\left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2}\right)$. 도수 에너지 손실: $\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2}$. 두 공식을 순서대로 적용하는 흐름을 세트로 기억해 둔다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 비중(S)이 다른 두 액체층에 의해 직립 수문이 받는 힘 $[t]$은? (단, 물의 단위중량은 $1t/m^3$으로 한다)



① 20

② 23

③ 32

④ 46

정답 4번

출제 포인트

비중이 서로 다른 두 액체층이 쌓여 있을 때 직립 평면(수문)에 작용하는 전정수압을 구하는 문제이다. 핵심은 아래층 압력을 계산할 때 그 위에 쌓인 위층 액체의 압력을 반드시 더해 주어야 한다는 점이다.

조건 정리

상부층: 비중 $S_1 = 1$, 두께 $h_1 = 2$ m (물, 단위중량 $\gamma_1 = 1$ t/m^3).
하부층: 비중 $S_2 = 1.6$, 두께 $h_2 = 2$ m (단위중량 $\gamma_2 = 1.6$ t/m^3).
수문의 폭 $b = 5$ m, 전체 잠긴 높이 4 m.

사용할 공식

정수압 $p = \gamma h$이며, 하부층에서는 위층 전체 깊이만큼의 압력이 이미 실려 있으므로 하부층 상단 압력은 $p = \gamma_1 h_1$에서 시작한다.
직사각형(등분포) 압력 분포에 의한 힘: $P = p \cdot h \cdot b$.
삼각형(선형증가) 압력 분포에 의한 힘: $P = \frac{1}{2}\gamma h^2 b$.
층 전체 힘은 위 두 성분(사다리꼴을 삼각형+직사각형으로 분해)의 합으로 구한다.

NoteBase

계산 과정

1) 상부층(S=1, 0~2 m 깊이)에 작용하는 힘: 압력이 0에서 $\gamma_1 h_1 = 1 \times 2 = 2$ t/m^{2}까지 선형으로 증가하는 삼각형 분포이다.
$P_1 = \frac{1}{2} \times 1 \times 2^2 \times 5 = 10$ t

2) 하부층(S=1.6, 2~4 m 깊이)에 작용하는 힘: 하부층 상단(깊이 2 m)에서의 압력은 상부층 무게로 인한 2 t/m^{2}이 이미 실려 있고, 여기에 하부층 자체의 압력이 0부터 $\gamma_2 h_2 = 1.6 \times 2 = 3.2$ t/m^{2}까지 선형으로 더해진다.
등분포(직사각형) 성분: $P_{2a} = 2 \times 2 \times 5 = 20$ t
삼각형(증분) 성분: $P_{2b} = \frac{1}{2} \times 1.6 \times 2^2 \times 5 = 16$ t
$P_2 = P_{2a} + P_{2b} = 20 + 16 = 36$ t

3) 전체 힘: $P = P_1 + P_2 = 10 + 36 = 46$ t

선지 판단

① 20 → 하부층 힘을 빠뜨리고 상부층 몫만 계산하거나 상부층 힘의 일부만 반영한 값으로, 하부층에 실린 상재하중(위층 무게)을 누락한 오답이다.
② 23 → 단위 환산이나 깊이 적용을 잘못하여 나온 값으로, 두 층의 압력 분포를 정확히 분리하지 못한 오답이다.
③ 32 → 하부층 상단 압력에 상부층 무게(상재압)를 더하지 않고 하부층만 독립적으로 계산했을 때 나오는 값(예: 12×1.6×4^2×5÷n 등 일부 항 누락)으로, 층 간 압력 연속을 반영하지 못한 오답이다.
④ 46 → 상부층 힘 10 t과, 상부층 상재압을 포함한 하부층 힘 36 t을 모두 합한 값으로 정답이다.

오답 포인트

여러 비중의 액체가 층을 이루는 경우, 아래층의 압력은 0에서 시작하는 것이 아니라 그 위에 쌓인 액체들의 압력만큼 이미 더해진 상태에서 시작한다는 점을 놓치면 오답이 나온다. 하부층 압력분포는 삼각형이 아니라 사다리꼴이므로, 이를 등분포(상재압)와 삼각형(자체 증가분) 두 성분으로 나누어 각각 힘을 구한 뒤 더해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

층상 유체 문제를 보면 먼저 각 층 경계에서의 압력 값을 순서대로 구한다(0 → 상부층 하단 압력 → 하부층 하단 압력). 그다음 각 층을 사다리꼴로 보고 상단 압력×두께(직사각형)와 압력 증가분×두께의 절반(삼각형)으로 나누어 힘을 계산한 뒤 모두 더하면 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

다층 유체의 압력은 누적된다: 하부층 상단 압력 = 위에 쌓인 모든 층의 γh의 합. 사다리꼴 압력분포에 의한 힘은 (상단압력×높이 + 압력증가분×높이/2)×폭으로 구하면 빠르다.

NoteBase

문 18. 폭이 $4m$인 직사각형 수로에 $16\text{m}^3/\text{s}$의 유량을 흐르게 할 때, 최적수로단면에서의 흐름유속 [m/s]은? (단, 등류흐름으로 가정한다)

① 1.5

② 2.0

③ 2.5

④ 3.0

정답 2번

출제 포인트

직사각형 개수로의 최적수로단면(수리학적으로 가장 효율적인 단면) 조건을 이용해 단면적을 구하고, 이를 연속방정식 $Q = AV$에 대입해 유속을 구하는 문제이다. 폭과 수심의 관계식을 먼저 세우는 것이 핵심이다.

조건 정리

수로 폭 $b = 4\text{m}$, 유량 $Q = 16\text{m}^3/\text{s}$, 등류흐름이며 최적수로단면(best hydraulic section) 조건이 주어졌다.

사용할 공식

직사각형 최적수로단면 조건: $b = 2y$ (수로 폭이 수심의 2배일 때 윤변이 최소가 되어 통수능이 최대가 된다).
단면적 $A = by$. 연속방정식 $Q = AV$, 즉 $V = \frac{Q}{A}$.

계산 과정

최적수로단면 조건 $b = 2y$에 $b = 4\text{m}$를 대입하면 $y = 2\text{m}$이다. 단면적은 $A = by = 4 \times 2 = 8\text{m}^2$이다.
연속방정식에서 유속은 $V = \frac{Q}{A} = \frac{16}{8} = 2.0\text{m/s}$이다.

선지 판단

① 1.5 → X, 단면적을 8 m^2가 아닌 다른 값(예: 실제와 다른 수심 가정)으로 잘못 계산했을 때 나오는 값으로 올바른 유속이 아니다.
② 2.0 → O, 최적수로단면 조건 $b = 2y$로 구한 단면적 8 m^2에 연속방정식을 적용하면 유속은 2.0 m/s이다.
③ 2.5 → X, 단면적을 6.4 m^2로 잘못 산정했을 때 나오는 값으로 올바른 유속이 아니다.
④ 3.0 → X, 단면적을 약 5.33 m^2로 잘못 산정했을 때 나오는 값으로 올바른 유속이 아니다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 주어진 폭 4 m를 그대로 두고 수심을 별도로 구하지 않은 채, 혹은 최적수로단면 조건 $b = 2y$를 반대로 $y = 2b$처럼 잘못 적용해 단면적을 틀리게 계산하는 것이다. 또한 최적수로단면 조건 자체를 몰라 폭과 수심의 관계를 세우지 못하고 유량과 폭만으로 유속을 구하려 하면 단면적을 알 수 없어 풀이가 막힌다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

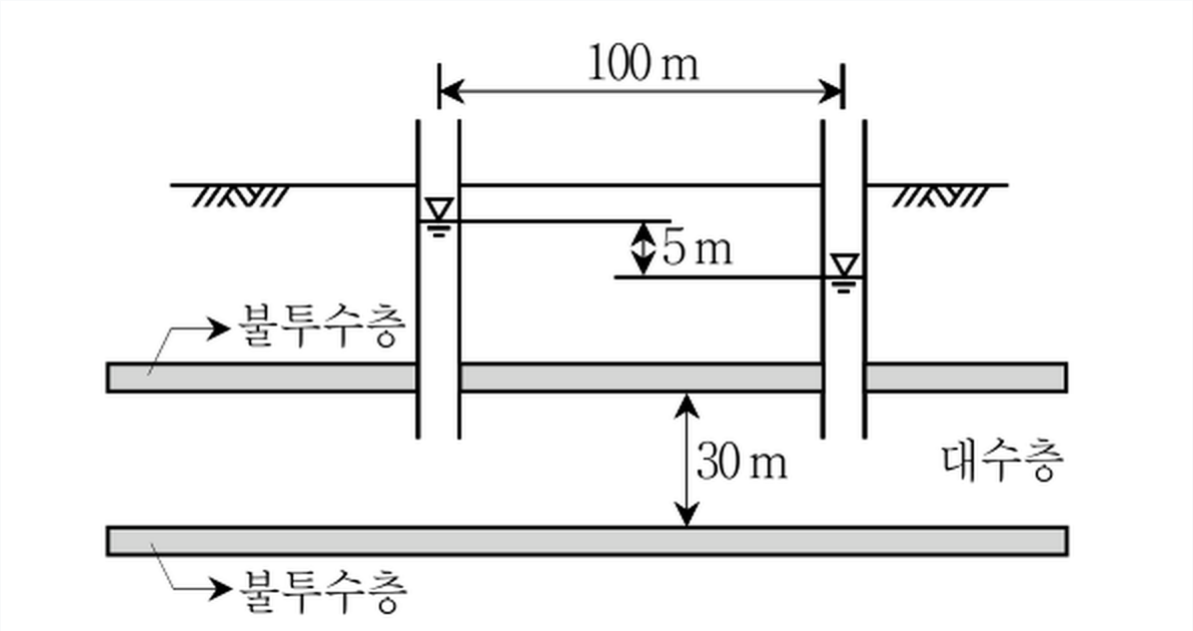
직사각형 수로에서 '최적수로단면' 또는 '수리학적으로 유리한 단면'이라는 표현이 나오면 즉시 $b = 2y$ 관계를 떠올린다. 폭이 주어지면 수심을, 수심이 주어지면 폭을 구한 뒤 단면적 $A = by$를 계산하고, 마지막으로 연속방정식 $V = Q/A$로 유속을 구하는 순서로 접근한다.

암기 포인트

직사각형 최적수로단면 조건: 폭 = 2 × 수심 ($b = 2y$), 이때 윤변이 최소, 통수능이 최대가 된다. 이 관계로 단면적을 먼저 구한 뒤 $V = Q/A$를 적용한다.

NoteBase

문 19. 어느 지역의 대수층이 평균두께가 30 m, 평균폭이 1 km일 때, 침윤유속(공극유속) [*m/day*]은? (단, 대수층의 투수계수 $k = 2 m/day$, 토양의 공극율 0.2, 간격 100 m 떨어진 두 관측정으로부터 측정한 압력수두차는 5 m이다)



① 0.1 *m/day*

② 1 *m/day*

③ 0.5 *m/day*

④ 5 *m/day*

정답 3번

출제 포인트

다르시 유속(겉보기 유속)과 침윤유속(공극유속, 실제 유속)의 차이를 구분하고, 동수경사와 공극율을 이용해 침윤유속을 계산할 수 있는지를 묻는 문제이다. 대수층의 평균두께와 폭은 유량 계산에 쓰이는 값으로, 유속 자체를 구하는 이 문제에서는 사용되지 않는 함정 정보이다.

조건 정리

투수계수 $k = 2$ m/day, 공극율 $n = 0.2$, 두 관측정 사이 거리 $L = 100$ m, 두 관측정의 압력수두차 $\Delta h = 5$ m 이다. 대수층 두께 30 m와 폭 1 km는 유량 산정에 필요한 값으로 침윤유속 계산에는 쓰이지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

동수경사 $i = \frac{\Delta h}{L}$, 다르시 유속(겉보기 유속) $v = ki$, 침윤유속(공극유속) $v_s = \frac{v}{n} = \frac{ki}{n}$이다. 침윤유속은 실제로 물이 흙 입자 사이의 공극을 통과하는 평균 속도이므로, 다르시 유속을 공극율로 나누어 구한다.

계산 과정

동수경사는 $i = \frac{5}{100} = 0.05$이다. 다르시 유속은 $v = ki = 2 \times 0.05 = 0.1$ m/day이다. 침윤유속은 $v_s = \frac{v}{n} = \frac{0.1}{0.2} = 0.5$ m/day이다.

선지 판단

① 0.1 m/day: X → 이는 침윤유속이 아니라 다르시 유속(겉보기 유속) $v = ki$의 값이다. 공극율로 나누는 과정을 빠뜨린 값이다.
② 1 m/day: X → 동수경사를 잘못 적용하거나 공극율을 곱하는 등 계산 과정에서 오류가 있을 때 나오는 값으로, 올바른 계산 결과가 아니다.
③ 0.5 m/day: O → 다르시 유속 0.1 m/day를 공극율 0.2로 나눈 침윤유속의 정확한 값이다.
④ 5 m/day: X → 압력수두차 5 m를 유속으로 착각하거나 단위를 잘못 적용했을 때 나오는 값으로 옳지 않다.

오답 포인트

다르시 유속과 침윤유속을 혼동하는 것이 가장 흔한 실수이다. 다르시 법칙에서 구한 $v = ki$는 대수층 전체 단면적을 흐르는 것으로 가정한 겉보기 유속일 뿐이며, 실제로 물은 흙 입자 사이의 공극 공간으로만 흐르므로 그만큼 더 빠르게 이동한다. 따라서 실제 유속인 침윤유속을 구하려면 반드시 공극율로 나누어야 하는데, 이 나누는 단계를 빠뜨리면 ①처럼 다르시 유속을 정답으로 착각하게 된다. 또한 대수층 두께 30 m와 폭 1 km는 유량 계산에 쓰이는 값이므로 유속 문제에서는 사용하지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

문제에서 요구하는 것이 다르시 유속인지 침윤유속(공극유속)인지부터 확인한다. 다르시 유속이면 $v = ki$에서 멈추고, 침윤유속이면 반드시 공극율 n으로 한 번 더 나눈다. 동수경사는 두 관측정 사이의 수두차를 거리로 나눈 값임을 기억하고, 대수층의 두께·폭처럼 유량 계산에만 쓰이는 값이 함께 제시되어도 유속 계산에는 끌어오지 않는다.

암기 포인트

다르시 유속 $v = ki$(겉보기 유속, 전체 단면적 기준), 침윤유속(공극유속) $v_s = \frac{v}{n}$(실제 유속, 공극율로 나눈 값)이며, 공극율은 항상 1보다 작으므로 침윤유속은 다르시 유속보다 항상 크다.

NoteBase

문 20. 프루드(Froude) 모형법칙(상사법칙)을 적용하는 경우, 축척 1:9인 하도모형실험의 모형수로에서 유속이 0.6 m/s, 수위변동이 3.0 cm이었다면, 원형수로에서의 유속과 수위변동으로 가장 적절한 것은?

① 유속 1.8 m/s, 수위변동 9.0 cm

② 유속 1.8 m/s, 수위변동 27.0 cm

③ 유속 5.4 m/s, 수위변동 9.0 cm

④ 유속 5.4 m/s, 수위변동 27.0 cm

정답 2번

출제 포인트

프루드 모형법칙(Froude 상사법칙)에서 길이비로부터 유속비와 수위변동비를 각각 어떤 지수로 환산하는지를 묻는 문제이다. 유속비는 길이비의 제곱근, 수위변동(길이 차원의 양)은 길이비 그대로 적용된다는 점을 구분해서 계산할 수 있는지가 핵심이다.

조건 정리

축척(모형:원형) = 1:9이므로 길이비 $L_r = L_p/L_m = 9$이다. 모형에서 유속 $V_m = 0.6$ m/s, 수위변동 $h_m = 3.0$ cm이다. 원형수로의 유속 V_p와 수위변동 h_p를 구한다.

사용할 공식

프루드 상사법칙에서 유속비는 $V_r = \sqrt{L_r}$이다. 수위변동은 수심과 같은 길이 차원의 물리량이므로 길이비를 그대로 따라 $h_r = L_r$이다.

계산 과정

유속비: $V_r = \sqrt{L_r} = \sqrt{9} = 3$이므로 $V_p = V_m \times V_r = 0.6 \times 3 = 1.8$ m/s이다.
수위변동비: $h_r = L_r = 9$이므로 $h_p = h_m \times h_r = 3.0 \times 9 = 27.0$ cm이다.
따라서 원형수로에서는 유속 1.8 m/s, 수위변동 27.0 cm가 된다.

NoteBase

선지 판단

① 유속 1.8 m/s, 수위변동 9.0 cm — X. 유속은 맞지만 수위변동에 유속비(제곱근)를 적용해 9.0 cm로 잘못 계산한 값이다. 수위변동은 길이비를 그대로 적용해야 하므로 27.0 cm가 되어야 한다.
② 유속 1.8 m/s, 수위변동 27.0 cm — O. 유속비 $\sqrt{9} = 3$을 적용한 1.8 m/s와 길이비 9를 그대로 적용한 27.0 cm 모두 올바르게 계산된 값이다.
③ 유속 5.4 m/s, 수위변동 9.0 cm — X. 유속에 길이비(9)를 그대로 곱해 5.4 m/s로 잘못 계산했고, 수위변동에는 반대로 제곱근비를 적용해 9.0 cm로 잘못 계산한 값이다.
④ 유속 5.4 m/s, 수위변동 27.0 cm — X. 수위변동 27.0 cm는 맞지만 유속에 제곱근이 아닌 길이비 9를 그대로 곱해 5.4 m/s로 잘못 계산한 값이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 유속비와 길이비(수위변동비)를 서로 바꿔 적용하는 것이다. 유속은 프루드수가 같다는 조건에서 유도되어 길이비의 제곱근을 따르고, 수위변동은 그 자체가 길이 차원의 양이므로 길이비를 그대로 따른다. 두 지수(1/2제곱과 1제곱)를 혼동하면 ①이나 ③, ④ 같은 오답에 이르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

축척이 주어지면 먼저 길이비 L_r을 구하고, 유속·유량·시간처럼 프루드 상사에서 도출되는 물리량은 각각 정해진 지수(유속은 $L_r^{1/2}$, 유량은 $L_r^{5/2}$, 시간은 $L_r^{1/2}$)를 적용하며, 수위변동과 같이 단순히 길이 차원인 양은 L_r^{1}을 그대로 적용한다고 판단한다.

암기 포인트

프루드 모형법칙에서 길이비 L_r에 대해 유속비는 $\sqrt{L_r}$, 길이 차원의 양(수위, 수심 등)은 L_r 그대로, 유량비는 $L_r^{5/2}$이라는 지수 관계를 세트로 외워 둔다.

NoteBase