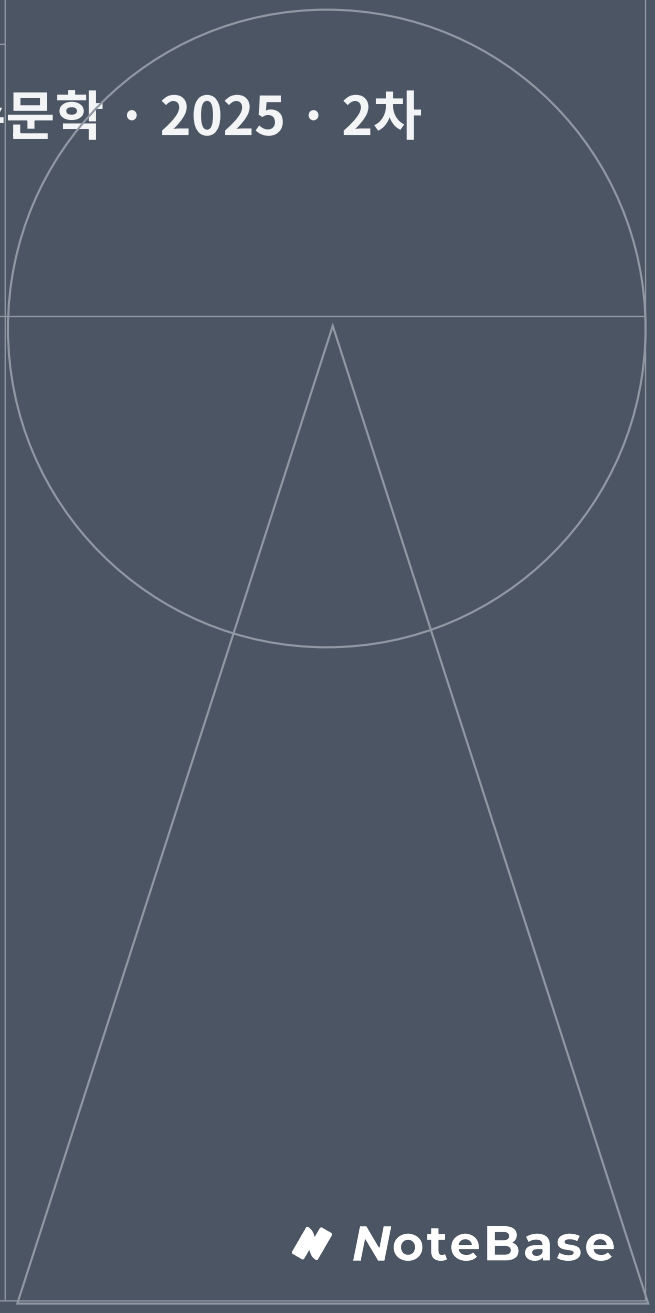
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2025 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2025 · 2차

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2025 · 2차

문 1. 직경이 D인 원형관과 한 변의 길이가 L인 정사각형관이 있다. 두 관의 재질이 같고 $D = L$일 때, 모세관 현상에 의해 원형관 내부에 물이 상승하는 높이(h_1)와 정사각형관 내부에 물이 상승하는 높이(h_2)를 비교할 때, 옳은 것은?

① $h_1 < h_2$

② $h_1 = h_2$

③ $h_1 > h_2$

④ 알 수 없다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 모세관 상승고가 젖은 둘레와 단면적의 비 P/A에 비례한다는 원리로 원형관과 정사각형관의 상승고를 비교하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 원형관의 직경은 D, 정사각형관의 한 변은 L이고 $D = L$이다.
구해야 할 값: 원형관의 상승고 h_1와 정사각형관의 상승고 h_2의 대소관계이다.
주의할 조건: 두 관의 재질이 같으므로 표면장력, 접촉각, 물의 밀도와 중력가속도는 같고 단면 형상에 따른 P/A만 비교하면 된다.

사용할 공식

모세관 상승고는 $h = \frac{\sigma \cos\theta}{\rho g} \cdot \frac{P}{A}$이다.
원형관은 $\frac{P}{A} = \frac{\pi D}{\pi D^2/4} = \frac{4}{D}$이고, 정사각형관은 $\frac{P}{A} = \frac{4L}{L^2} = \frac{4}{L}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 같은 액체와 같은 재질의 관에서는 $\sigma, \theta, \rho g$가 같아서 상승고가 P/A에 의해서만 결정되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 원형관의 상승고는 $h_1 = \frac{\sigma\cos\theta}{\rho g} \cdot \frac{4}{D} = \frac{4\sigma\cos\theta}{\rho g D}$이다.
2. 정사각형관의 상승고는 $h_2 = \frac{\sigma\cos\theta}{\rho g} \cdot \frac{4}{L} = \frac{4\sigma\cos\theta}{\rho g L}$이다.
3. 문제 조건 $D = L$을 대입하면 $h_1 = h_2$가 된다.

선지 판단

① X: $h_1 < h_2$가 되려면 $\frac{4}{D} < \frac{4}{L}$, 즉 $D > L$이어야 한다. 이 문항에서는 $D = L$이므로 틀리다. 틀린 표현은 \"$h_1 < h_2$\"이고, 올바르게는 \"$h_1 = h_2$\"이다.
② O: 원형관과 정사각형관 모두 상승고가 각각 $4/D$, $4/L$에 비례하고 $D = L$이면 두 값이 같아진다. 따라서 옳다.
③ X: $h_1 > h_2$가 되려면 $\frac{4}{D} > \frac{4}{L}$, 즉 $D < L$이어야 한다. 이 문항에서는 $D = L$이므로 틀리다. 틀린 표현은 \"$h_1 > h_2$\"이고, 올바르게는 \"$h_1 = h_2$\"이다.
④ X: 모세관 상승식으로 두 값을 직접 비교할 수 있으므로 알 수 없는 문제가 아니다. 틀린 표현은 \"알 수 없다\"이고, 올바르게는 \"$D = L$이면 $h_1 = h_2$이다\"이다.

오답 포인트

원형관과 정사각형관의 모양이 다르면 무조건 상승고도 다르다고 생각하면 틀린다. 이 문제의 핵심은 모양 자체가 아니라 젖은 둘레와 단면적의 비이며, 원형은 $4/D$, 정사각형은 $4/L$로 정리된다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

모세관 비교 문제는 같은 액체와 같은 재질이라는 조건이 보이면 먼저 $h \propto P/A$로 바꿔 본다. 그다음 각 단면의 젖은 둘레와 단면적을 구해 P/A만 비교하면 상승고의 대소관계가 바로 정해진다.

암기 포인트

같은 재질의 모세관 상승고는 $h \propto P/A$이며, 원형관은 $4/D$, 정사각형관은 $4/L$로 정리된다.

NoteBase

문 2. 밀도가 ρ, 단위중량이 w인 유체가 유속 V로 흐르고 있다. 이때 동압력(dynamic pressure)의 표현으로 옳은 것은? (단, 중력가속도는 g이다)

① $\frac{V^2}{2g}$
② $\rho\frac{V^2}{2g}$
③ $w\frac{V^2}{2}$
④ $\rho\frac{V^2}{2}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 동압력과 속도수두를 구분하고 $q=\frac{1}{2}\rho V^2$를 적용할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 밀도 ρ, 단위중량 w, 유속 V, 중력가속도 g이다.
구해야 할 값은 동압력이다.
주의할 조건은 단위중량이 $w=\rho g$이므로 압력식과 수두식을 서로 바꿔 쓸 때 g의 처리까지 맞아야 한다는 점이다.

사용할 공식

동압력은 $q=\frac{1}{2}\rho V^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 동압력이 유체의 운동에너지에 대응하는 압력항이기 때문이다. 속도수두 $\frac{V^2}{2g}$에 단위중량 w를 곱하면 압력으로 바뀌므로 $q=w\frac{V^2}{2g}=\frac{1}{2}\rho V^2$가 된다.

계산 과정

1. 속도수두는 $\frac{V^2}{2g}$이다.
2. 이를 압력으로 바꾸면 $q=w\frac{V^2}{2g}$이다.
3. $w=\rho g$를 대입하면 $q=w\frac{V^2}{2g}=\rho g\frac{V^2}{2g}=\frac{\rho V^2}{2}$가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X. $\frac{V^2}{2g}$는 동압력이 아니라 속도수두이다. 틀린 표현은 압력 대신 수두를 그대로 쓴 점이다. 올바르게는 동압력은 $\frac{\rho V^2}{2}$ 또는 $w\frac{V^2}{2g}$이다.
② X. $\rho\frac{V^2}{2g}$는 밀도와 속도수두를 어색하게 결합한 식으로 동압력이 아니다. 틀린 표현은 분모의 g를 남겨 압력 차원이 되지 않는 점이다. 올바르게는 $\frac{\rho V^2}{2}$이다.
③ X. $w\frac{V^2}{2}$는 단위중량 w를 쓸 때 필요한 분모의 g가 빠진 식이다. 틀린 표현은 속도수두 $\frac{V^2}{2g}$를 압력으로 바꾸는 과정에서 g를 누락한 점이다. 올바르게는 $w\frac{V^2}{2g}$이다.
④ O. $\rho\frac{V^2}{2}=\frac{1}{2}\rho V^2$는 동압력의 표준식이므로 옳다.

오답 포인트

①처럼 속도수두를 그대로 압력으로 착각하거나 ③처럼 $w=\rho g$ 관계를 쓰면서 분모의 g를 놓치면 틀린다. ②는 밀도 ρ와 단위중량 w의 역할을 섞어 쓴 혼합형 오답이다.

다시 나오면 이렇게 판단

유속 항이 보이면 먼저 $\frac{V^2}{2g}$가 수두인지, $\frac{1}{2}\rho V^2$가 압력인지 차원을 확인한다. 밀도 ρ가 붙으면 압력형, 단위중량 w가 붙으면 $\frac{V^2}{2g}$와 곱한 형태인지 확인하면 된다.

암기 포인트

동압력은 $\frac{1}{2}\rho V^2$, 속도수두는 $\frac{V^2}{2g}$이다.

NoteBase

문 3. 직경 1.25m의 관수로에서 유체의 평균유속이 2m/s일 때, 레이놀즈(Reynolds) 수는? (단, 유체의 동점성계수는 $1.0 \times 10^{-6} \mathrm{m}^2/\mathrm{s}$로 한다)

① 0.5×10^6

② 1.5×10^6

③ 2.5×10^6

④ 3.5×10^6

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 관수로 유동의 레이놀즈 수를 $Re = VD/\nu$로 계산할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 평균유속 2m/s, 관 직경 1.25m, 동점성계수 $1.0 \times 10^{-6} m^2/s$이다.
구해야 할 값은 레이놀즈 수이다.
주의할 점은 관수로의 대표길이로 직경 D를 쓰고, 10^{-6}으로 나누면 값이 크게 커진다는 점이다.

사용할 공식

사용 공식은 $Re = \frac{VD}{\nu}$이다.
이 공식은 관내 유동에서 평균유속 V, 관 직경 D, 동점성계수 ν가 주어졌을 때 레이놀즈 수를 직접 구하는 식이기 때문에 사용한다.

계산 과정

$Re = \frac{VD}{\nu} = \frac{2 \times 1.25}{1.0 \times 10^{-6}}$
$Re = \frac{2.5}{1.0 \times 10^{-6}} = 2.5 \times 10^6$
따라서 레이놀즈 수는 2.5×10^6이다.

선지 판단

① X: 계산 결과는 0.5×10^6이 아니라 2.5×10^6이다. 틀린 표현은 레이놀즈 수를 0.5×10^6으로 본 부분이며, 올바르게는 2.5×10^6이다.
② X: 계산 결과는 1.5×10^6이 아니라 2.5×10^6이다. 틀린 표현은 레이놀즈 수를 1.5×10^6으로 본 부분이며, 올바르게는 2.5×10^6이다.
③ O: $Re = \frac{2 \times 1.25}{1.0 \times 10^{-6}} = 2.5 \times 10^6$이므로 옳다.
④ X: 계산 결과는 3.5×10^6이 아니라 2.5×10^6이다. 틀린 표현은 레이놀즈 수를 3.5×10^6으로 본 부분이며, 올바르게는 2.5×10^6이다.

NoteBase

오답 포인트

동점성계수 10^{-6}을 나눌 때 지수 부호를 반대로 처리하거나, 직경 1.25를 잘못 읽으면 오답이 나온다. 이 문제는 공식을 아는지보다도 VD를 먼저 계산한 뒤 10^{-6}으로 나누는 순서를 정확히 지키는지를 본다.

다시 나오면 이렇게 판단

관수로 레이놀즈 수 문제는 주어진 값에서 V, D, ν를 먼저 분리한 뒤 $Re = VD/\nu$를 대입하고, 마지막에 지수 10^{-6}으로 나누어 값의 자릿수를 검산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

관수로 레이놀즈 수는 $Re = VD/\nu$이며, ν가 10^{-6} 수준이면 결과는 10^{6} 규모로 커진다.

NoteBase

문 4. 개수로의 한계수심에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 프루드(Froude) 수가 1보다 큰 흐름의 수심

② 일정 유량에 대해서 비력이 최대인 수심

③ 일정 유량에 대해서 비에너지가 최소인 수심

④ 평균유속이 장파의 전파속도보다 작은 흐름의 수심

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 개수로의 한계수심을 한계류의 정의와 연결해 판단하는 문제이다.

핵심 개념

한계수심은 주어진 유량에서 비에너지가 최소가 되는 수심이다. 사류는 프루드 수가 1보다 큰 흐름이고 평균유속이 장파의 전파속도보다 큰 흐름이다. 상류는 프루드 수가 1보다 작은 흐름이고 평균유속이 장파의 전파속도보다 작은 흐름이다. 비력은 주어진 유량에서 한계수심일 때 최소가 된다.

선지별 해설

① X. 프루드 수가 1보다 큰 흐름은 사류의 수심이다. 한계수심은 프루드 수가 정확히 1인 상태의 수심이다. 틀린 표현은 "1보다 큰"이고, 올바르게는 "프루드 수가 1인 흐름의 수심"이다.
② X. 한계수심은 일정 유량에서 비력이 최대인 수심이 아니다. 비력은 한계수심에서 최소가 된다. 틀린 표현은 "최대"이고, 올바르게는 "비력이 최소인 수심"이다.
③ O. 한계수심은 일정 유량에 대하여 비에너지가 최소가 되는 수심이라는 정의에 정확히 해당한다.
④ X. 평균유속이 장파의 전파속도보다 작은 흐름은 상류이다. 한계수심은 평균유속과 장파 전파속도가 같은 상태이다. 틀린 표현은 "작은"이고, 올바르게는 "같은 흐름의 수심"이다.

오답 포인트

①과 ④는 사류와 상류의 정의를 한계류의 정의와 바꿔 놓은 함정이다. 한계수심에서는 비력과 비에너지가 모두 최소가 된다. ②처럼 비력이 최대라고 혼동하기 쉬우므로 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

한계수심 문제는 먼저 "프루드 수 1", "비에너지 최소", "유속과 장파 전파속도 같음"을 기준으로 본다. 선지에 1보다 크다, 1보다 작다, 빠르다, 느리다 같은 비교 표현이 나오면 사류 또는 상류와 뒤바뀐 것인지 바로 확인한다.

암기 포인트

한계수심은 Fr=1, 비에너지 최소, 유속=장파 전파속도이다.

NoteBase

문 5. 유역 내의 가장 먼 지점에 떨어진 강우가 유로를 따라 유역출구 지점까지 흐르는 데 소요되는 시간은?

① 도달시간
② 지체시간
③ 기저시간
④ 첨두시간

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 유역 유출 해석에서 도달시간, 지체시간, 기저시간, 첨두시간의 의미를 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

도달시간은 유역 내 가장 먼 지점의 물이 유로를 따라 출구까지 이동하는 데 걸리는 시간이다. 지체시간은 강우와 유출반응 사이의 시간 지연을 나타내는 개념이다. 기저시간은 직접유출수문곡선이 시작되어 끝날 때까지의 전체 지속시간이다. 첨두시간은 수문곡선에서 유량이 최대(첨두유량)에 도달하는 시각이다.

선지별 해설

① O: 문제의 핵심 표현인 '유역 내의 가장 먼 지점', '유로를 따라', '유역출구까지'가 모두 도달시간의 정의에 해당한다.
② X: 틀린 부분은 '지체시간'이다. 지체시간은 강우와 유출 사이의 반응 지연을 나타내는 시간차이므로 가장 먼 지점의 물이 출구까지 이동하는 시간을 뜻하지 않는다. 올바르게는 '가장 먼 지점의 유출 이동시간은 도달시간이다'이다.
③ X: 틀린 부분은 '기저시간'이다. 기저시간은 수문곡선에서 직접유출이 지속되는 전체 시간을 뜻하므로 한 점의 물이 출구까지 가는 이동시간과 다르다. 올바르게는 '직접유출의 전체 지속시간은 기저시간이다'이다.
④ X: 틀린 부분은 '첨두시간'이다. 첨두시간은 수문곡선에서 유량이 최대(첨두유량)에 도달하는 시각을 뜻하므로, 가장 먼 지점의 물이 유로를 따라 출구까지 흐르는 이동시간과는 다르다. 올바르게는 '수문곡선에서 첨두유량에 도달하는 시각은 첨두시간이다'이다.

오답 포인트

도달시간과 지체시간을 모두 '시간지연'으로만 기억하면 헷갈린다. 이 문항은 '가장 먼 지점의 물 한 방울이 출구까지 실제로 이동한다'는 표현을 읽어 내면 도달시간으로 바로 정리된다.

다시 나오면 이렇게 판단

문제에서 특정 지점의 물이 유로를 따라 출구까지 이동하는 시간을 묻는지, 아니면 강우와 유출반응 사이의 시간차나 수문곡선의 전체 지속시간 또는 첨두유량 도달시각을 묻는지를 먼저 구분하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

도달시간은 먼 지점에서 출구까지의 이동시간, 지체시간은 반응 지연시간, 기저시간은 유출 지속시간, 첨두시간은 첨두유량 도달시각이다.

NoteBase

문 6. 길이 100m, 지름 0.2m인 관수로에 평균유속 2m/s로 유체가 흐르고 있다. Darcy-Weisbach 방정식을 이용하여 계산한 손실수두[m]는? (단, 마찰손실계수는 0.02, 중력가속도는 10m/s^2으로 한다)

① 1.6

② 1.8

③ 2.0

④ 2.2

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 Darcy-Weisbach 방정식으로 관 마찰에 의한 손실수두를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 관 길이 100m, 지름 0.2m, 평균유속 2m/s, 마찰손실계수 0.02, 중력가속도 10m/s^2이다.
구해야 할 값: 손실수두 h_f이다.
주의할 조건: L/D와 $V^2/(2g)$를 각각 계산한 뒤 마찰손실계수와 곱한다.

사용할 공식

$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$
이 공식은 관 내부 마찰로 생기는 에너지 손실을 손실수두로 나타내는 Darcy-Weisbach 식이기 때문에 사용한다.

계산 과정

1. $L/D = 100/0.2 = 500$이다.
2. $V^2/(2g) = 2^2/(2 \times 10) = 4/20 = 0.2m$이다.
3. $h_f = 0.02 \times 500 \times 0.2 = 2.0m$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과 손실수두는 $2.0m$이므로 1.6은 틀리다. 틀린 표현은 "손실수두가 1.6m이다"이고, 올바르게는 "손실수두가 2.0m이다"이다. 1.6은 속도수두나 곱셈 과정에서 수치를 잘못 처리할 때 나올 수 있는 오답이다.
② X: 계산 결과와 비교하면 1.8은 틀리다. 틀린 표현은 "손실수두가 1.8m이다"이고, 올바르게는 "손실수두가 2.0m이다"이다. 1.8은 L/D 또는 $V^2/(2g)$ 계산을 부정확하게 할 때 생길 수 있는 오답이다.
③ O: Darcy-Weisbach 식에 주어진 값을 대입하면 $h_f = 2.0m$이므로 옳다.
④ X: 계산 결과와 비교하면 2.2는 틀리다. 틀린 표현은 "손실수두가 2.2m이다"이고, 올바르게는 "손실수두가 2.0m이다"이다. 2.2는 마지막 곱셈을 과대 계산하거나 반올림을 잘못 적용할 때 나올 수 있는 오답이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 공식을 외웠더라도 L/D와 $V^2/(2g)$를 한 번에 처리하다가 산술 실수를 내는 점이다. 특히 $2g$를 빼먹거나 L/D를 반대로 두면 보기 ①, ②, ④ 같은 수치에 흔들리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

관 마찰 손실 계산 문제는 먼저 f, L/D, $V^2/(2g)$를 분리해서 적고, 각 값을 계산한 뒤 마지막에 세 항을 곱해 정답을 판단한다.

암기 포인트

Darcy-Weisbach 손실수두는 $f \times L/D \times V^2/(2g)$이다.

문 7. 관로에 0.6L/s의 유량으로 물이 흐르고 있다. 레이놀즈(Reynolds) 수가 2,000일 때, 관로의 직경[cm]은? (단, 물의 동점성계수는 $1.0 \times 10^{-6} m^2/s$, 원주율은 3으로 한다)

① 37

② 38

③ 39

④ 40

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 레이놀즈수 식과 유량식을 결합해 관로 직경을 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 유량은 $Q = 0.6L/s = 0.0006m^3/s$이다.
레이놀즈수는 $Re = 2000$이다.
동점성계수는 $\nu = 1.0 \times 10^{-6} m^2/s$이다.
원주율은 3으로 계산한다.

사용할 공식

관수로의 레이놀즈수는 $Re = \frac{VD}{\nu}$이고, 유량은 $Q = AV = \frac{\pi D^2}{4} V$이다.
두 식을 결합하면 $Re = \frac{4Q}{\pi D \nu}$가 되므로, 관경은 $D = \frac{4Q}{\pi Re \nu}$로 구한다.
유량, 레이놀즈수, 동점성계수가 모두 주어지고 미지수가 관경 하나이므로 이 식이 바로 적용된다.

계산 과정

$D = \frac{4Q}{\pi Re \nu} = \frac{4 \times 0.0006}{3 \times 2000 \times 1.0 \times 10^{-6}} = \frac{0.0024}{0.006} = 0.4m$
따라서 관로의 직경은 $0.4m = 40cm$이다.

선지별 해설

① X: 37cm는 정답 40cm보다 작은 값으로, 분자 $4Q$ 대신 Q나 잘못된 환산값을 대입하는 등 계산 과정에서 수치를 줄여 잡았을 때 나오는 어림값이다. 정확히 계산하면 40cm이다.
② X: 38cm 역시 정답보다 작다. 유량을 m^3/s로 정확히 환산하지 않거나 분모의 $\pi = 3$을 다른 값으로 두면 이런 오차가 생긴다. 정확히 계산하면 40cm이다.
③ X: 39cm는 40cm에 근접하지만, 중간 단계에서 반올림을 일찍 하거나 0.0024/0.006을 어림하면 나타나는 근사 오차일 뿐 정답이 아니다. 주어진 조건대로 계산하면 정확히 40cm가 나온다.
④ O: $D = 0.4m = 40cm$이므로 옳다. 레이놀즈수 식과 유량식을 함께 쓰면 40cm가 정확히 도출된다.

NoteBase

오답 포인트

유량 $0.6L/s$를 그대로 0.6으로 대입하면 단위가 틀어져 계산이 무너진다. 이 문제의 핵심 함정은 L/s를 m^3/s로 먼저 바꾸지 않는 실수와, $Re = \frac{VD}{\nu}$만 보고 속도 V를 없애지 못하는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

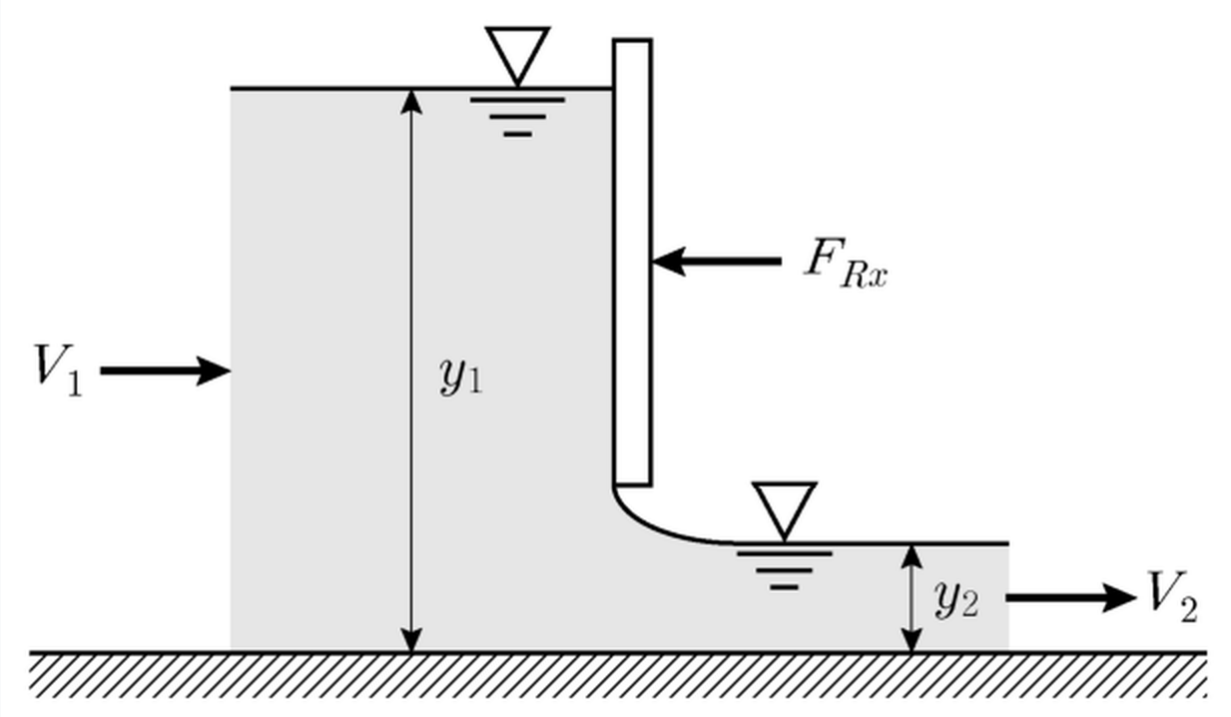
관경, 유속, 유량, 레이놀즈수가 함께 나오면 먼저 유량식을 이용해 V를 소거할 수 있는지 본다. 그다음 단위를 SI로 통일하고 Re 식에 대입해 한 번에 미지수를 정리하면 된다.

암기 포인트

관수로 계산에서는 $Re = \frac{4Q}{\pi D\nu}$로 바로 정리하면 관경을 빠르게 구할 수 있다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 설치된 수문에 작용하는 힘 $F_{Rx}[kg_f]$는? (단, 유량은 $1m^3/s$, 폭(B)은 $1m$, 상류수위(y_1)는 $4m$, 하류수위(y_2)는 $1m$, 물의 단위중량은 $1{,}000kg_f/m^3$, 중력가속도는 $10m/s^2$이다)



① 7,425

② 7,475

③ 7,525

④ 7,575

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 개수로 수문에 대해 수평방향 운동량 방정식을 적용하여 수문에 작용하는 힘을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 유량 $1m^3/s$, 폭 1m, 상류수위 4m, 하류수위 1m, 물의 단위중량 $1,000kgf/m^3$, 중력가속도 10m/s^2이다.
구해야 할 값은 수문에 작용하는 수평력 F_{Rx}이다.
주의할 조건은 상류와 하류의 정수압 차이와 운동량 변화량을 함께 반영해야 한다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

수평방향 운동량 방정식은 $P_1 - P_2 - R_x = \frac{\gamma Q}{g}(V_2 - V_1)$이다.
여기서 $P_1 = \frac{\gamma B y_1^2}{2}$, $P_2 = \frac{\gamma B y_2^2}{2}$, $V_1 = \frac{Q}{B y_1}$, $V_2 = \frac{Q}{B y_2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 상류와 하류가 모두 자유수면을 가지는 개수로 흐름이므로 각 단면의 정수압과 유속에 따른 운동량 변화를 함께 계산해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 유속은 $V_1 = \frac{1}{1 \times 4} = 0.25 m/s$, $V_2 = \frac{1}{1 \times 1} = 1.0 m/s$이다.
2. 정수압은 $P_1 = \frac{1000 \times 1 \times 4^2}{2} = 8000 kgf$, $P_2 = \frac{1000 \times 1 \times 1^2}{2} = 500 kgf$이다.
3. 운동량 변화항은 $\frac{\gamma Q}{g}(V_2 - V_1) = \frac{1000 \times 1}{10}(1 - 0.25) = 75 kgf$이다.
4. 따라서 $R_x = 8000 - 500 - 75 = 7425 kgf$이다.
5. 물이 수문에 작용하는 힘의 크기는 작용반작용에 의해 같으므로 $F_{Rx} = 7425 kgf$이다.

선지 판단

① O: 계산 결과 수문에 작용하는 힘은 7,425 kgf이므로 맞다.
② X: 7,475 kgf는 정답보다 50 kgf 크게 계산한 값이다. 운동량 변화항 75 kgf를 잘못 반영하거나 정수압 차이를 단순 차감하지 못하면 나올 수 있다. 틀린 표현은 "힘이 7,475 kgf이다"이고, 올바르게는 "힘이 7,425 kgf이다"이다.
③ X: 7,525 kgf는 정답보다 100 kgf 크게 계산한 값이다. 상류와 하류의 운동량 차이 또는 하류 정수압 500 kgf를 잘못 처리하면 나올 수 있다. 틀린 표현은 "힘이 7,525 kgf이다"이고, 올바르게는 "힘이 7,425 kgf이다"이다.
④ X: 7,575 kgf는 정답보다 150 kgf 크게 계산한 값이다. 운동량 변화항을 방향까지 고려하지 않고 더하면 이런 값으로 치우칠 수 있다. 틀린 표현은 "힘이 7,575 kgf이다"이고, 올바르게는 "힘이 7,425 kgf이다"이다.

오답 포인트

정수압 차이 $P_1 - P_2$와 운동량 변화항 $\frac{\gamma Q}{g}(V_2 - V_1)$의 방향을 함께 보지 않으면 오답이 된다. 특히 하류 정수압 500 kgf를 빼지 않거나 운동량 변화 75 kgf를 더하는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

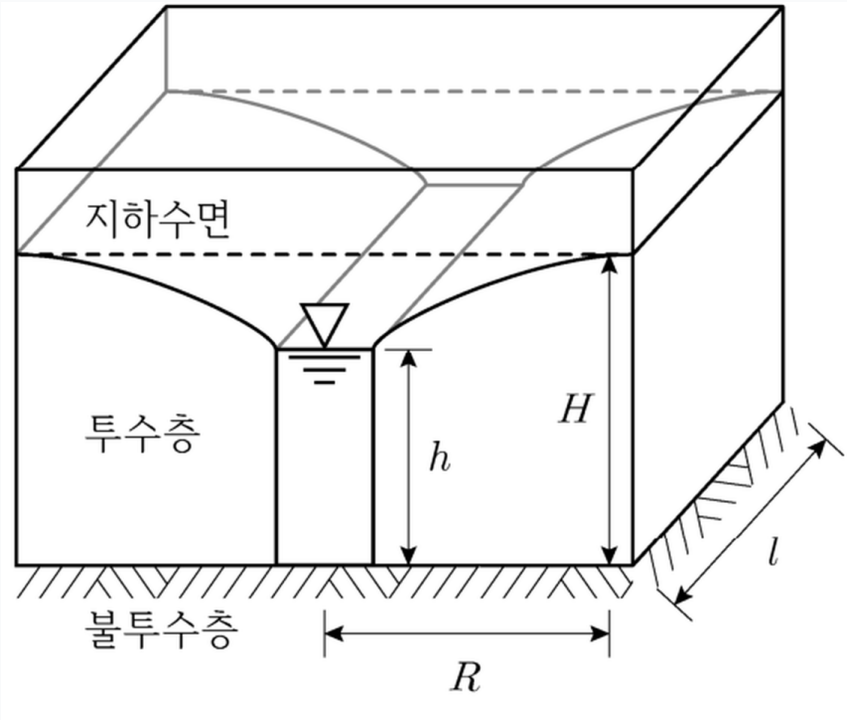
개수로 수문력 문제는 먼저 단면적에서 유속을 구하고, 다음으로 각 단면의 정수압을 계산한 뒤, 마지막에 운동량 방정식으로 정수압 차이와 운동량 변화의 부호를 함께 정리하여 판단한다.

암기 포인트

수문에 작용하는 힘은 정수압 차이에서 운동량 변화항을 반영해 구하며, 이 문제에서는
$8000 - 500 - 75 = 7425 kgf$이다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 불투수층 위에 설치된 집수암거에서 집수량[m^3/s]은? (단, 초기 지하수위(H)는 2.0m, 집수에 의해 강하된 지하수위(h)는 1.0m, 영향반경(R)은 100m, 암거의 길이(l)는 100m, 투수계수는 0.1cm/s이다)



① 0.003

② 0.004

③ 0.005

④ 0.006

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 불투수층 위 자유지하수에서 집수암거로 유입되는 집수량을 Dupuit 식으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $H = 2.0m, h = 1.0m, R = 100m, l = 100m, K = 0.1cm/s$이다.
구해야 할 값은 집수량 Q이다.
주의할 조건은 투수계수를 m/s로 환산해야 하고, 불투수층 위 암거의 양측 유입을 반영한 제곱차 식을 써야 한다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

$Q = K\frac{H^2 - h^2}{R}l$

이 공식을 쓰는 이유는 불투수층 위 자유지하수의 집수암거에 대해 Dupuit 가정을 적용하면 집수량이 수두의 제곱차에 비례하기 때문이다.

이 식이 양측 유입을 포함한다는 근거는 다음과 같다. 한쪽 면에서 영향반경 R에 걸쳐 들어오는 단위길이당 유량을 Dupuit 식으로 적분하면 $q = K\frac{H^2 - h^2}{2R}$이 된다. 집수암거는 좌우 양쪽에서 물이 모이므로 한쪽 유량에 2를 곱하면 분모의 2가 약분되어 $Q = 2 \times K\frac{H^2 - h^2}{2R} \times l = K\frac{H^2 - h^2}{R}l$가 된다. 즉 이 식 자체에 이미 양측 유입의 2배가 반영되어 있으므로 여기에 다시 2를 곱하면 안 된다.

계산 과정

1. 투수계수를 환산하면 $K = 0.1cm/s = 0.001m/s$이다.
2. 수두의 제곱차는 $H^2 - h^2 = 2^2 - 1^2 = 3$이다.
3. 따라서 $Q = 0.001 \times \frac{3}{100} \times 100 = 0.003m^3/s$이다.

선지 판단

① O: 계산 결과가 $0.003m^3/s$이므로 맞다.

② X: 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 집수량을 0.004로 본 부분이고, 올바르게는 $0.003m^3/s$이다. 이 값은 h^2 항을 빼지 않고 H^2만 쓰면 나오기 쉽다.

③ X: 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 집수량을 0.005로 본 부분이고, 올바르게는 $0.003m^3/s$이다. 수두의 제곱차 $H^2 - h^2$를 제곱합처럼 잘못 처리하면 이런 오답이 나온다.

④ X: 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 집수량을 0.006으로 본 부분이고, 올바르게는 $0.003m^3/s$이다. 양측 유입이 이미 반영된 식에 2배를 한 번 더 곱하면 이런 오답이 나온다.

오답 포인트

투수계수 단위 환산, 수두의 제곱차 $H^2 - h^2$, 양측 유입의 중복 계산 여부가 핵심 함정이다. 특히 $K = 0.1cm/s$를 그대로 쓰거나 식에 2를 한 번 더 곱하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

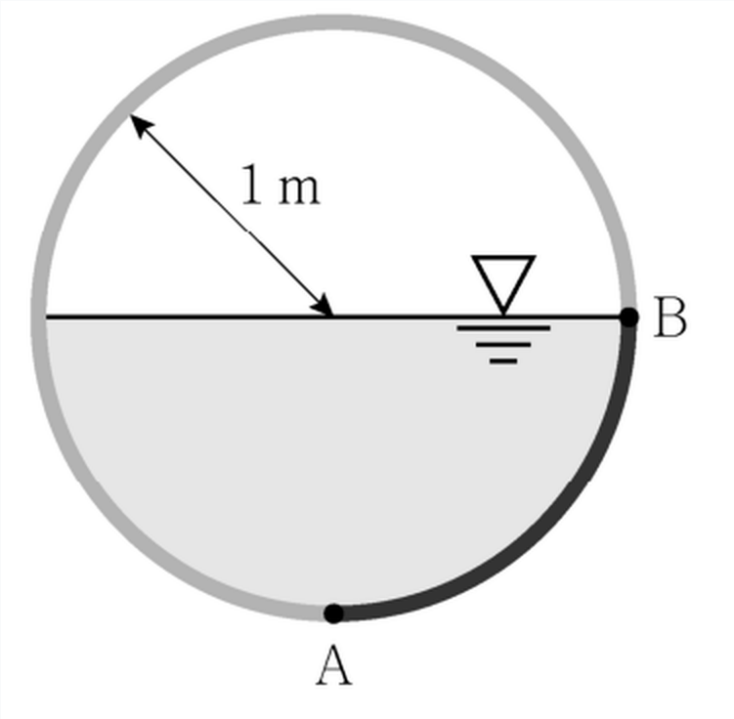
자유지하수 집수량 문제는 투수계수 단위를 먼저 맞추고, 불투수층 위 암거인지 확인한 다음, $H^2 - h^2$ 형태의 Dupuit 식에 R과 l을 대입해 계산하면 된다.

암기 포인트

불투수층 위 집수암거의 집수량은 제곱차로 계산하므로 $Q = K(H^2 - h^2)l/R$이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 직경 2m인 원형관의 절반을 채운 채로 물이 흐르고 있다. 이때, 관의 벽 AB 구간에 작용하는 관의 단위 길이당 수평방향의 힘 F_h[N/m]와 연직방향의 힘 F_v[N/m]를 바르게 연결한 것은? (단, 중력가속도는 10m/s^2, 원주율은 3.14, 물의 단위중량은 10kN/m^3으로 한다)



① F_h: 500, F_v: 785

② F_h: 785, F_v: 500

③ F_h: 5,000, F_v: 7,850

④ F_h: 7,850, F_v: 5,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 반쯤 물이 찬 원형관의 곡면 AB에 작용하는 정수압을 수평성분과 연직성분으로 분해해 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 관의 직경 2m, 반지름 1m, 물의 단위중량 10kN/m^3이다.
자유수면은 관의 중심을 지나고, AB는 잠긴 오른쪽 1/4 원호이다.
구해야 할 값은 곡면 AB에 작용하는 단위 길이당 수평방향 힘 F_h와 연직방향 힘 F_v의 크기이다.

NoteBase

사용할 공식

수평성분은 곡면의 연직투영면에 작용하는 평면수압이므로 $F_h = \gamma h_c A_v$이다.
연직성분은 곡면 위의 가상수체 무게와 같으므로 $F_v = \gamma V$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 곡면에 작용하는 정수압을 성분으로 분해하면 수평방향은 투영면의 압력합력, 연직방향은 곡면 위 물의 무게로 바로 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. AB의 연직투영면은 높이 $1m$, 길이 $1m$인 직사각형이므로 $A_v = 1 \times 1 = 1m^2$이다. 그 도심은 자유수면 아래 $0.5m$에 있다.
2. 따라서 $F_h = \gamma h_c A_v = 10{,}000 \times 0.5 \times 1 = 5{,}000N/m$이다.
3. AB 위의 가상수체 단면적은 반지름 $1m$인 1/4 원이므로 $A = \pi r^2/4 = 3.14 \times 1^2/4 = 0.785m^2$이다. 단위길이 체적도 $0.785m^3$이다.
4. 따라서 $F_v = \gamma V = 10{,}000 \times 0.785 = 7{,}850N/m$이다. 연직성분의 방향은 아래쪽이며, 보기에서는 크기만 비교하면 된다.

선지 판단

① X: F_h와 F_v를 모두 10배 작게 본 값이다. 틀린 표현은 '500, 785'이고, 올바르게는 '$F_h = 5{,}000N/m$, $F_v = 7{,}850N/m$'이다.
② X: 수평성분을 투영면 수압으로 계산하지 않았고 연직성분도 가상수체 무게로 보지 않은 값이다. 틀린 표현은 '785, 500'이고, 올바르게는 '$F_h = 5{,}000N/m$, $F_v = 7{,}850N/m$'이다.
③ O: 연직투영면 수압으로 $F_h = 5{,}000N/m$, 곡면 위 1/4 원 수체의 무게로 $F_v = 7{,}850N/m$이 되어 계산 결과와 일치한다.
④ X: 수평성분과 연직성분의 크기를 서로 바꿔 적은 값이다. 틀린 표현은 '$F_h = 7{,}850N/m$, $F_v = 5{,}000N/m$'이고, 올바르게는 '$F_h = 5{,}000N/m$, $F_v = 7{,}850N/m$'이다.

오답 포인트

곡면에 대한 수평성분은 잠긴 면적 자체가 아니라 연직투영면으로 구하고, 연직성분은 압력분포 적분 대신 곡면 위 가상수체의 무게로 구한다는 점에서 많이 틀린다. 또 kN/m^3를 N/m^3로 바꿀 때 10배가 아니라 1000배 차이라는 점을 놓치면 ①처럼 10배 작은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

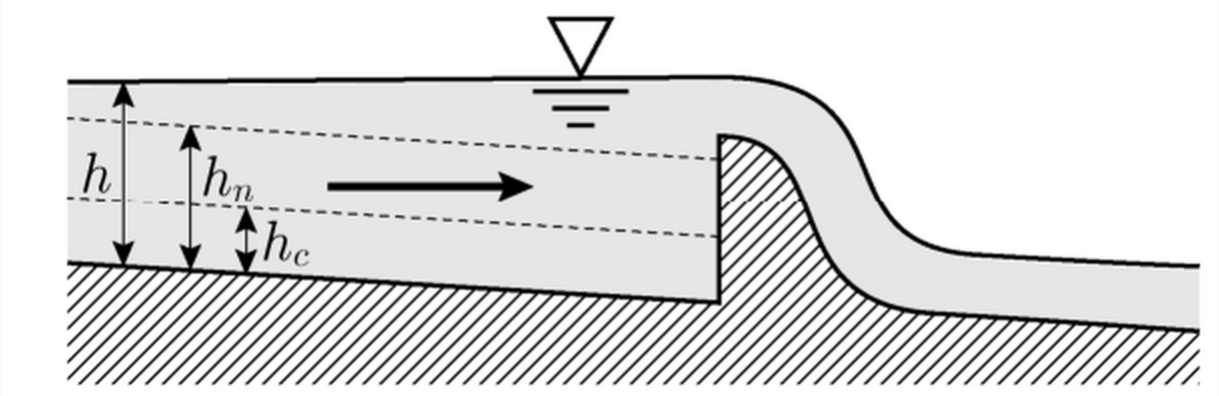
곡면 정수압 문제는 먼저 자유수면 위치와 잠긴 곡면 구간을 확인하고, 다음에 F_h는 연직투영면 수압, F_v는 곡면 위 가상수체의 무게로 나누어 계산하면 된다. 마지막에는 단위와 크기 자릿수를 다시 점검하면 된다.

암기 포인트

곡면 정수압은 수평은 투영면, 연직은 가상수체 무게로 정리된다.

NoteBase

문 11. 하류에 댐이 있어 그림과 같은 수면형이 형성되었다. 댐 상류에 h(수심) > h_n(등류수심) > h_c(한계수심)의 조건이 성립할 때, 점변류의 수면형 곡선으로 적절한 것은?



① M1

② M2

③ S1

④ S2

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 점변류 수면형 곡선을 분류할 때 먼저 수로 경사를 M형인지 S형인지 나누고, 그다음 실제 수심이 어느 영역에 있는지를 판단할 수 있는지를 묻는다.

선지별 해설

① O: $h_n > h_c$이므로 수로는 완경사이다. 또 실제 수심 h가 등류수심 h_n보다 크므로 1영역이며, 하류 댐에 의한 역수면 곡선은 M1이 된다.

② X: M2는 완경사 수로에서 수심이 h_n과 h_c 사이에 있을 때의 2영역 곡선이다. 이 문제는 $h > h_n$이므로 해당하지 않으며, 틀린 표현은 등류수심 아래의 2영역으로 본 점이고 올바르게는 등류수심 위의 1영역이다.

③ X: S1은 급경사 수로에서 $h > h_c > h_n$일 때의 곡선이다. 이 문제는 $h_n > h_c$이므로 급경사가 아니라 완경사이며, 틀린 표현은 S형으로 본 점이고 올바르게는 M형이다.

④ X: S2는 급경사 수로에서 수심이 h_c와 h_n 사이에 있을 때의 곡선이다. 이 문제는 경사 분류부터 맞지 않고 실제 수심도 h_n보다 크므로, 틀린 표현은 급경사 2영역으로 본 점이고 올바르게는 완경사 1영역이다.

NoteBase

오답 포인트

M1과 M2를 헷갈리는 이유는 실제 수심 h만 보고 판단하거나, M과 S를 정하기 전에 1영역과 2영역을 먼저 붙이기 때문이다. 이 문항은 $h_n > h_c$로 완경사를 먼저 확정한 뒤, $h > h_n$이므로 1영역이라고 순서대로 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

점변류 곡선은 먼저 등류수심과 한계수심을 비교해 경사를 정한다. $h_n > h_c$이면 M형, $h_n < h_c$이면 S형이다. 그다음 실제 수심이 등류수심보다 큰지, 두 기준수심 사이인지, 더 작은지를 비교해 1영역, 2영역, 3영역을 붙이면 된다.

암기 포인트

완경사는 $h_n > h_c$, 1영역은 $h > h_n$이다. 하류 댐으로 상류 수면이 받쳐 올라가면 대표적인 역수면 곡선은 M1이다.

NoteBase

문 12. 축척비 100 : 1로 개수로 모형을 제작하여 실험하고자 한다. 원형(prototype)인 하천 수로에서의 계획홍수량이 $500\text{m}^3/\text{s}$일 때, 이 모형 수로에 흘려야 할 유량[m^3/s]은?

① 5

② 0.5

③ 0.05

④ 0.005

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 개수로의 중력상사에서 유량축척 $\lambda_Q = \lambda_L^{5/2}$를 적용해 모형 유량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 원형 유량 $500\text{m}^3/\text{s}$와 축척비 100:1이다.
구해야 할 값은 모형 수로에 흘려야 할 유량이다.
개수로 자유수면 흐름이므로 중력의 영향이 지배적이라고 본다.

사용할 공식

길이축척을 $\lambda_L = L_m/L_p = 1/100$이라 두면, 개수로의 Froude 상사에서 유량축척은 $\lambda_Q = Q_m/Q_p = \lambda_L^{5/2}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 자유수면을 가진 개수로 흐름에서는 중력상사를 맞춰야 하고, 그때 속도축척이 $\lambda_V = \lambda_L^{1/2}$, 단면적축척이 $\lambda_A = \lambda_L^2$이므로 $\lambda_Q = \lambda_A\lambda_V = \lambda_L^{5/2}$가 되기 때문이다.

계산 과정

유량축척은 $\lambda_Q = \left(\frac{1}{100}\right)^{5/2} = (10^{-2})^{5/2} = 10^{-5}$이다.
따라서 모형 유량은 $Q_m = Q_p\lambda_Q = 500 \times 10^{-5} = 0.005 m^3/s$이다.

선지 판단

① X: 5는 원형 유량을 100으로만 나눈 값이다. 유량은 길이와 같은 비율로 줄지 않으며, 올바른 값은 $0.005\text{m}^3/\text{s}$이다.
② X: 0.5는 유량축척을 잘못 적용한 값이다. 개수로 모형의 유량은 $(1/100)^{5/2}$를 곱해야 하므로 0.5가 아니라 $0.005\text{m}^3/\text{s}$이다.
③ X: 0.05는 단면적축척 $(1/100)^2$만 반영하고 속도축척 $(1/100)^{1/2}$을 빠뜨린 값에 해당한다. 올바른 값은 $0.005\text{m}^3/\text{s}$이다.
④ O: 개수로 중력상사에서 $Q_m = 500 \times (1/100)^{5/2} = 0.005 m^3/s$이므로 맞는 값이다.

NoteBase

오답 포인트

축척비 100:1을 보고 유량도 1/100로 줄인다고 생각하면 틀린다. 개수로 모형은 길이축척만이 아니라 속도축척까지 함께 반영해야 하므로 유량축척 지수가 5/2가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

개수로 모형 문제가 나오면 먼저 자유수면 흐름인지 확인하고, 길이축척을 모형/원형 비로 바꾼 뒤 $\lambda_Q = \lambda_L^{5/2}$를 적용해 계산하면 된다.

암기 포인트

개수로 Froude 상사에서는 유량축척이 길이축척의 5/2제곱이다.

NoteBase

문 13. 유출곡선지수(CN)를 결정하는 주요 인자에 해당하지 않는 것은?

① 토지이용상태

② 토양의 종류

③ 식생의 피복상태

④ 기저유출

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 유출곡선지수(CN)를 결정하는 유역의 표면 특성과 유출 성분을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

유출곡선지수(CN)는 강우가 직접유출로 전환되기 쉬운 정도를 나타내는 지수이다. 주요 결정 인자는 토지이용상태, 수문학적 토양군, 식생 및 피복관리 상태와 같은 유역 표면 특성이다. 기저유출은 지하수에서 하천으로 늦게 보충되는 유출 성분이므로 CN을 정하는 인자가 아니다.

선지별 해설

1번: X. 토지이용상태는 CN 결정의 대표 인자이다. 불투수면이 많거나 도시화된 토지는 직접유출이 커져 CN이 커지고, 산림이나 초지는 상대적으로 CN이 작아진다. 틀린 표현은 1번을 '주요 인자에 해당하지 않는 것'으로 보는 판단이다. 올바르게는 '토지이용상태는 주요 인자에 해당한다.'이다.
2번: X. CN은 토양의 침투능을 반영하므로 토양 조건이 중요하다. 실무적으로는 수문학적 토양군에 따라 CN을 구분한다. 틀린 표현은 2번을 비결정 인자로 보는 판단이다. 올바르게는 '토양의 종류, 정확히는 수문학적 토양 특성은 주요 인자에 해당한다.'이다.
3번: X. 식생의 피복상태와 관리상태는 지표면 차단, 조도, 침투에 영향을 주므로 CN 결정에 반영된다. 피복이 양호하면 직접유출이 줄어 CN이 낮아질 수 있다. 틀린 표현은 3번을 비결정 인자로 보는 판단이다. 올바르게는 '식생의 피복상태는 주요 인자에 해당한다.'이다.
4번: O. 기저유출은 강우 후 지하수로부터 천천히 공급되는 유출 성분이다. 이는 CN 표를 정할 때 쓰는 유역 표면 인자가 아니라 유출수문곡선을 구성하는 한 성분이므로 '주요 인자에 해당하지 않는 것'으로 맞다.

오답 포인트

기저유출은 수문학 용어라서 CN과 함께 묶어 기억하기 쉽지만, CN은 직접유출 잠재력을 정하는 표면조건 지수이고 기저유출은 유출의 구성 성분이라는 점이 다르다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

CN이 무엇을 수치화하는지 먼저 본다. 강우가 직접유출로 바뀌는 정도를 좌우하는 표면조건이면 CN 결정 인자이고, 강우 후 나타나는 유출수문곡선의 성분이면 CN 결정 인자가 아니다.

암기 포인트

CN은 토지이용상태, 토양 특성, 피복상태로 정해지고, 기저유출은 결과로 나타나는 유출 성분이다.

NoteBase

문 14. 뉴턴유체(Newtonian fluid)를 대상으로 가로축을 속도변화율, 세로축을 전단응력으로 그래프를 작성하였다. 그래프 형상으로 적절한 것은?

① 원점을 지나는 직선
② 원점을 지나는 곡선
③ 원점을 지나지 않는 직선
④ 원점을 지나지 않는 곡선

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 뉴턴유체의 전단응력과 속도변화율 사이의 관계가 정비례라는 점을 묻는다.

핵심 개념

뉴턴유체는 전단응력 τ가 속도변화율 $\frac{du}{dy}$에 비례하여 점성계수 μ가 일정한 유체이다. 관계식은 $\tau = \mu\frac{du}{dy}$이므로 그래프는 기울기가 μ인 원점을 지나는 직선이 된다. 비뉴턴유체는 이 비례관계가 성립하지 않아 곡선이나 비선형 형태가 될 수 있다.

선지별 해설

① O: 뉴턴유체는 $\tau = \mu\frac{du}{dy}$를 따르므로 전단응력이 속도변화율에 정비례한다. 따라서 그래프는 원점을 지나는 직선이다.
② X: 틀린 표현은 "곡선"이다. 뉴턴유체의 전단응력-속도변화율 관계는 비선형이 아니라 선형이다. 올바르게는 "원점을 지나는 직선"이다.
③ X: 틀린 표현은 "원점을 지나지 않는"이다. $\frac{du}{dy} = 0$이면 $\tau = 0$이므로 절편이 0이다. 올바르게는 "원점을 지나는 직선"이다.
④ X: 틀린 표현은 "원점을 지나지 않는 곡선"이다. 뉴턴유체는 비선형 곡선도 아니고 절편이 있는 직선도 아니다. 올바르게는 "원점을 지나는 직선"이다.

오답 포인트

곡선인지 직선인지만 보고 판단하면 ②에 흔들리고, 비례식의 절편이 0이라는 점을 놓치면 ③에 흔들린다. 이 문항은 선형성과 원점 통과 조건을 동시에 확인하는지를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

뉴턴유체가 보이면 먼저 $\tau = \mu\frac{du}{dy}$를 떠올린다. 식이 1차 비례식이면 직선이고, 상수항이 없으면 원점을 지난다고 판단하면 된다.

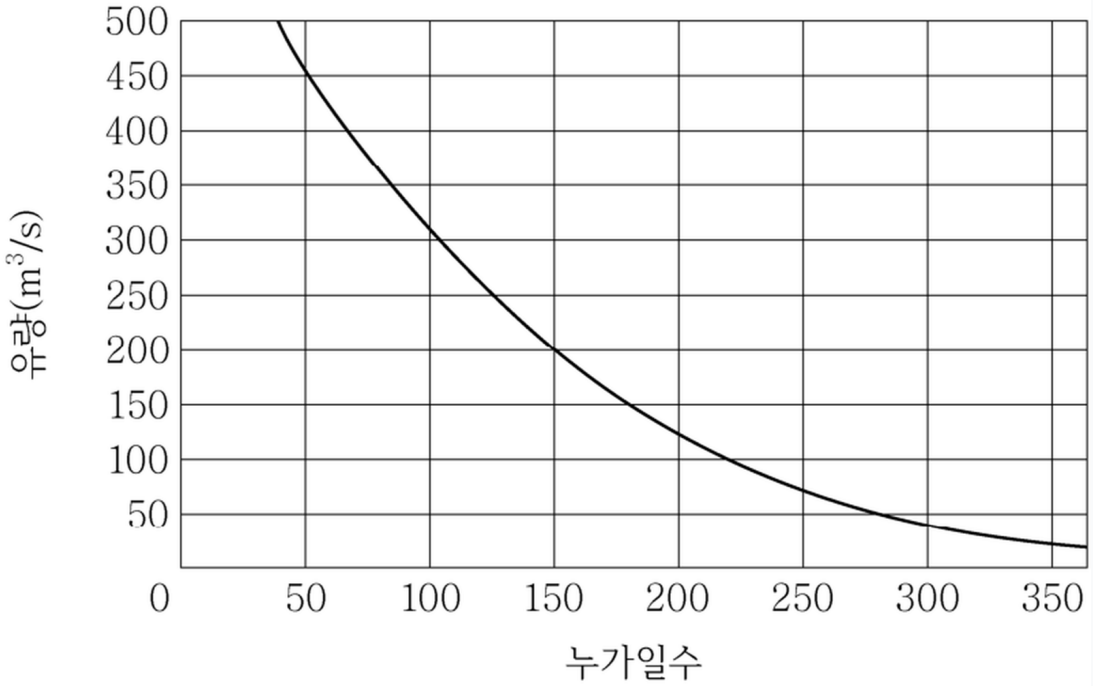
NoteBase

암기 포인트

뉴턴유체는 전단응력과 속도변화율이 정비례하므로 그래프는 원점을 지나는 직선이다.

NoteBase

문 15. 어느 하천의 유황을 알기 위해 누가일수에 따른 유량변동곡선을 작성하였다. 이를 이용하여 산정한 평수량[m^3/s]은?



① 50

② 100

③ 150

④ 200

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 유황변동곡선에서 평수량이 뜻하는 누가일수 기준을 알고, 그 지점의 유량을 읽는 문제이다.

자료 읽는 순서

1. 가로축이 누가일수, 세로축이 유량 m^3/s임을 확인한다.
2. 평수량은 유황곡선에서 185일 유량을 뜻한다는 기준을 적용한다.
3. 누가일수 185일 지점에서 곡선과 만나는 세로축 값을 읽으면 약 150 m^3/s로 판단된다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 50 m^3/s는 그래프에서 누가일수 약 290~300일 부근의 유량이다. 185일 유량이 아니므로 틀리다. 틀린 표현은 '평수량이 50'이고, 올바르게는 '평수량은 약 150 m^3/s이다'이다.
② X: 100 m^3/s는 그래프에서 누가일수 약 220일 안팎에서 읽히는 값이다. 평수량 기준인 185일보다 뒤의 유량을 읽은 값이므로 틀리다. 틀린 표현은 '평수량이 100'이고, 올바르게는 '평수량은 185일 유량인 약 150 m^3/s이다'이다.
③ O: 평수량은 185일 유량이다. 그래프에서 누가일수 185일 부근의 곡선값은 약 150 m^3/s이므로 옳다.
④ X: 200 m^3/s는 그래프에서 누가일수 약 150일 부근의 유량에 가깝다. 평수량의 기준일수를 185일이 아니라 150일로 잘못 기억하면 나오는 값이므로 틀리다. 틀린 표현은 '평수량이 200'이고, 올바르게는 '200 m^3/s는 150일 부근 유량이고 평수량은 약 150 m^3/s이다'이다.

오답 포인트

평수량을 평균유량으로 오해하거나, 평수량의 기준 누가일수를 185일이 아니라 150일 또는 200일 근처로 잘못 외우면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 계산보다 대표유량의 정의를 정확히 기억하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

유황곡선 문제는 먼저 묻는 대표유량의 기준 누가일수를 확인한 뒤, 그 일수에서 곡선과 만나는 유량을 그대로 읽어 판단한다.

암기 포인트

평수량은 유황곡선의 185일 유량이다.

NoteBase

문 16. 개수로가 한계류 상태로 흐르고 있을 때, 비에너지(specific energy)가 6m라면 수심[m]은?

① 2.5

② 3.0

③ 3.5

④ 4.0

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 한계류에서 비에너지와 수심의 관계 $E_c = \frac{3}{2}y_c$를 이용해 수심을 구하는 문제이다. 이 관계식은 직사각형 단면 개수로에서 엄밀히 성립하며, 시험에서 단면 형상이 따로 명시되지 않으면 직사각형 단면으로 가정한다.

조건 정리

주어진 값: 한계류 상태, 비에너지 $E_c = 6m$이다.
구해야 할 값: 수심 y_c이다.
주의할 조건: 한계류에서는 비에너지와 수심이 같은 값이 아니고, $E_c = \frac{3}{2}y_c$ 관계를 사용한다. 이 $\frac{3}{2}$ 계수는 직사각형 단면을 전제로 한 값이며, 본 문제처럼 단면이 명시되지 않은 경우 직사각형으로 본다.

사용할 공식

한계류에서 비에너지와 수심의 관계는 $E_c = \frac{3}{2}y_c$이다. 따라서 $y_c = \frac{2}{3}E_c$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 이 문항은 개수로가 한계류 상태라고 주어졌으므로 한계류의 표준 비에너지 관계식을 바로 적용하는 유형이기 때문이다. 이 관계식은 직사각형 단면에서 성립하는 표준 관계이다.

계산 과정

1. 주어진 비에너지는 $E_c = 6m$이다.
2. 수심은 $y_c = \frac{2}{3}E_c$이므로 $y_c = \frac{2}{3} \times 6 = 4m$이다.
3. 따라서 수심은 4.0m이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 계산 결과 수심은 4.0m이다. 틀린 표현은 \"2.5\"이고, 올바르게는 \"수심은 4.0m이다\"이다. $\frac{2}{3}$ 계수를 잘못 적용해 비에너지에 더 작은 비율을 곱하면 이처럼 4.0m보다 작은 값이 나온다.
② X: 계산 결과와 맞지 않는다. 틀린 표현은 \"3.0\"이고, 올바르게는 \"수심은 4.0m이다\"이다. 비에너지를 단순히 절반으로 나누어 $y_c = \frac{1}{2}E_c = 3.0m$로 계산하면(즉 $E_c = 2y_c$로 계수를 착각하면) 이 값이 나온다.
③ X: 계산 결과와 맞지 않는다. 틀린 표현은 \"3.5\"이고, 올바르게는 \"수심은 4.0m이다\"이다. 한계류 관계식의 계수를 정확히 대입하지 않고 정답값 4.0과 절반값 3.0 사이로 어림하면 생기는 오답이다.
④ O: $y_c = \frac{2}{3} \times 6 = 4.0m$이므로 옳다.

오답 포인트

비에너지와 수심을 같은 값으로 보거나, $E_c = \frac{3}{2}y_c$를 $y_c = \frac{3}{2}E_c$로 뒤집는 실수가 대표적 함정이다. 한계류라는 조건을 보면 먼저 $\frac{3}{2}$ 관계를 떠올려야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

한계류 수심을 묻는 계산형 문제는 먼저 한계류 여부를 확인하고, 다음에 $E_c = \frac{3}{2}y_c$를 $y_c = \frac{2}{3}E_c$로 바꾸어 바로 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

한계류 비에너지와 수심의 핵심 관계는 $E_c = \frac{3}{2}y_c$, 따라서 $y_c = \frac{2}{3}E_c$이다.

NoteBase

문 17. 도시화 이전의 유출곡선지수(CN)는 50이었고, 도시화 이후의 유출곡선지수는 90으로 증가하였다. 한 시간 동안 24mm의 강우가 내릴 때, 도시화로 인해 증가하는 유효우량[mm]은? (단, 선행토양함수조건은 AMC-II이며, 강우의 초기손실은 최대잠재보유수량의 20 %로 한다)

① 5.54

② 7.23

③ 10.12

④ 13.72

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 SCS CN 방법에서 도시화 전후의 곡선지수 변화에 따라 유효우량이 얼마나 증가하는지를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 도시화 이전 CN은 50, 도시화 이후 CN은 90, 강우량 P는 24mm이다.
구해야 할 값: 도시화로 인해 증가하는 유효우량 깊이이다.
주의할 조건: AMC-II 조건이며 초기손실은 최대잠재보유수량 S의 20%이므로 $I_a = 0.2S$를 적용한다.

사용할 공식

최대잠재보유수량은 $S = \frac{25400}{CN} - 254$ 이다.
유효우량은 $P > I_a$일 때 $Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$ 이고, $I_a = 0.2S$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 CN과 초기손실 조건을 함께 주었으므로 SCS CN 유효우량 공식을 그대로 적용하는 상황이다.

계산 과정

1. 도시화 이전 CN 50에 대해 $S = \frac{25400}{50} - 254 = 254mm$, $I_a = 0.2 \times 254 = 50.8mm$ 이다.
2. 강우량 24mm는 $I_a = 50.8mm$보다 작으므로 도시화 이전 유효우량은 0mm이다.
3. 도시화 이후 CN 90에 대해 $S = \frac{25400}{90} - 254 = 28.22mm$, $I_a = 0.2 \times 28.22 = 5.64mm$ 이다.
4. 도시화 이후 유효우량은 $Q = \frac{(24 - 5.64)^2}{24 - 5.64 + 28.22} = \frac{18.36^2}{46.58} \approx 7.23mm$ 이다.
5. 증가분은 도시화 이후 유효우량 7.23mm에서 도시화 이전 유효우량 0mm를 뺀 값이므로 7.23mm이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 증가하는 유효우량의 계산 결과는 7.23mm이므로 5.54mm는 맞지 않는다. 이 값은 도시화 후 초기손실 $I_a \approx 5.64mm$와 비슷한 수치를 유효우량으로 혼동한 경우에 가깝다. 유효우량 증가분은 5.54mm가 아니라 7.23mm이다.
② O: 도시화 이전에는 $P < I_a$라서 유효우량이 0mm이고, 도시화 이후에는 SCS CN 공식으로 계산한 유효우량이 약 7.23mm이다. 따라서 증가분 7.23mm가 맞다.
③ X: 도시화 이전 유효우량이 0mm라는 조건을 놓치거나 초기손실 처리를 잘못하면 10mm대 오답이 나온다. 올바르게는 도시화 이전은 0mm, 도시화 이후는 7.23mm이므로 증가분은 10.12mm가 아니라 7.23mm이다.
④ X: CN이 커지면 유출은 증가하지만, 이 문제의 주어진 강우 24mm와 초기손실 조건을 적용한 계산값은 7.23mm이다. 13.72mm는 공식 적용이나 손실 처리에서 과대계산한 값이며, 올바른 증가분은 13.72mm가 아니라 7.23mm이다.

오답 포인트

도시화 이전 CN 50에서도 유효우량이 생긴다고 착각하면 틀린다. 이 문항의 핵심 함정은 강우량 24mm가 도시화 이전 초기손실 50.8mm보다 작아서 이전 유효우량이 0mm라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

CN 문제가 나오면 먼저 S와 $I_a = 0.2S$를 구한 뒤, 강우량이 초기손실보다 큰지부터 판정한다. $P \le I_a$이면 유효우량은 0이고, $P > I_a$일 때만 SCS CN 공식을 적용한다.

암기 포인트

SCS CN에서는 CN⇒ S⇒ I_a⇒ 유효우량 관계가 성립한다.

NoteBase

문 18. 표는 30분 단위로 측정한 누가우량을 나타낸 것이다. 이를 이용하여 산정한 60분 지속기간 최대강우강도[mm/*hr*]는?

시간	누가우량(mm)
07 : 00	0
07 : 30	17
08 : 00	40
08 : 30	63
09 : 00	95
09 : 30	110
10 : 00	112

① 45

② 55

③ 65

④ 75

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 누가우량표에서 60분 구간 강우량을 차이로 구한 뒤, 그중 최대값을 강우강도로 연결할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 30분 간격 누가우량 0, 17, 40, 63, 95, 110, 112mm이다.
구해야 할 값은 60분 지속기간 최대강우강도이다.
누가우량은 누적치이므로 60분 강우량은 1시간 차이가 나는 두 시각의 누가우량 차로 구한다.

NoteBase

사용할 공식

60분 강우량은 $P(t+60)-P(t)$이다.
60분 최대강우강도는 60분 최대강우량1 hr이다.
이 공식을 쓰는 이유는 표의 값이 구간우량이 아니라 해당 시각까지의 누가우량이기 때문이다.

계산 과정

07:00~08:00은 $40-0=40$ mm이다.
07:30~08:30은 $63-17=46$ mm이다.
08:00~09:00은 $95-40=55$ mm이다.
08:30~09:30은 $110-63=47$ mm이다.
09:00~10:00은 $112-95=17$ mm이다.
따라서 60분 최대강우량은 55mm이고, 60분은 1시간이므로 최대강우강도는 55mm/hr이다.

선지 판단

① X: 45mm/hr는 어느 60분 구간의 누가우량 차와도 일치하지 않는다. 올바른 값은 08:00~09:00 구간에서 나온 55mm/hr이다.
② O: 08:00의 누가우량 40mm와 09:00의 누가우량 95mm의 차가 55mm이므로 최대강우강도는 55mm/hr이다.
③ X: 65mm/hr는 60분 누가우량 차를 과대계산한 값이다. 가장 큰 차도 $95-40=55$이므로 올바른 값은 55mm/hr이다.
④ X: 75mm/hr는 누가우량을 직접 더하거나 60분 구간을 잘못 잡은 값에 가깝다. 누가우량은 차를 취해야 하므로 올바른 값은 55mm/hr이다.

오답 포인트

누가우량을 각 시각의 독립된 강우량처럼 읽거나, 가능한 모든 연속 60분 구간을 비교하지 않으면 오답이 된다. 특히 30분 간격 자료에서는 1시간 창을 한 칸씩 이동시키며 모두 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

누가우량표가 나오면 먼저 원하는 지속기간만큼 떨어진 두 시각의 차를 전부 구하고, 그중 최대 강우량을 지속시간으로 나누어 강우강도를 판단한다.

암기 포인트

누가우량의 지속기간 강우량은 끝시각 누가우량에서 시작시각 누가우량을 뺀 값이다.

NoteBase

문 19. 사이펀(siphon)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 사이펀 내 유체는 물로 한정한다)

① 사이펀 내 부압이 생기는 곳이 있다.

② 관의 일부가 동수경사선보다 높은 경우의 관수로를 의미한다.

③ 관의 정점부의 위치가 높을수록 정점부에서의 압력은 증가한다.

④ 현장에서 사이펀의 정점부와 동수경사선의 고저차가 8.0 ~ 9.0m 이상일 경우, 사이펀을 적용하지 않는다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 사이펀의 정의와 정점부 압력 변화를 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

사이펀은 관의 일부가 동수경사선보다 높게 놓인 관수로이지만, 출구가 더 낮아 전체 유동은 계속 유지되는 흐름이다.
정점부 압력수두는 대체로 동수경사선 높이에서 정점부 높이를 뺀 값으로 결정되므로, 정점부가 높아질수록 압력은 낮아진다.
사이펀의 핵심 위험은 정점부 압력이 지나치게 낮아져 공기 유입이나 공동 발생이 쉬워진다는 점이다.

선지별 해설

① O: 사이펀은 관의 일부가 동수경사선보다 위에 있으므로 그 구간, 특히 정점부에서는 게이지압이 음압이 될 수 있다. 따라서 사이펀 내 부압이 생기는 곳이 있다는 설명은 맞다.
② O: 사이펀은 관의 일부가 동수경사선보다 높은 상태의 관수로를 뜻한다. 관이 전 구간에서 동수경사선 아래에만 있으면 일반 가압관 흐름이지 사이펀이 아니다.
③ X: 틀린 표현은 "정점부에서의 압력은 증가한다"이다. 정점부의 위치가 높아질수록 압력수두는 $p/\gamma = HGL - z$ 관계에서 더 작아지므로 정점부 압력은 감소한다. 올바르게는 "관의 정점부 위치가 높을수록 정점부에서의 압력은 감소한다"이다.
④ O: 현장에서는 정점부와 동수경사선의 고저차가 너무 크면 정점부 압력이 대기압보다 크게 낮아져 공동이나 공기 혼입 위험이 커진다. 그래서 실무적으로 약 8.0~9.0m 이상이면 사이펀 적용을 피하는 설명은 타당하다.

오답 포인트

③은 정점부가 높아지면 낙차가 커져 압력도 커질 것처럼 착각하게 만든 선지이다. 사이펀에서는 정점부 자체의 위치가 높아질수록 그 지점의 압력수두가 먼저 줄어든다는 점을 놓치면 반대로 판단하게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

사이펀 문제가 나오면 먼저 관의 일부가 동수경사선보다 위에 있는지를 본다. 그다음 정점부 압력은 정점부 고도가 올라갈수록 낮아진다는 관계를 적용해 부압과 적용 한계를 판단한다.

암기 포인트

사이펀은 관이 HGL 위로 올라가고, 정점부가 높아질수록 압력은 내려간다.

NoteBase

문 20. 표는 유역의 단위유량도이다. 유역면적이 180km^2일 때, X에 해당하는 유량$[\text{m}^3/\text{s}]$은?

시간(hr)	1	2	3	4	5	6	7	8
유량(m^3/s)	0	80	X	120	80	40	10	0

① 160

② 170

③ 180

④ 190

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단위유량도 아래 면적이 유효우량 1cm에 해당하는 직접유출체적과 같다는 성질을 이용해 X를 구하는 문제이다.

조건 정리

유역면적은 180 km^2이다.
단위유량도의 시간간격은 1 hr이다.
유량은 차례로 0, 80, X, 120, 80, 40, 10, 0 m^3/s이다.

사용할 공식

단위유량도의 총유출체적은 유효우량 깊이와 유역면적의 곱이다.
$V = 0.01 \times 180 \times 10^6 = 1.8 \times 10^6 m^3$
또한 표의 유량으로 구한 수문곡선 체적은 사다리꼴합으로 계산한다.
$V = \sum \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} \Delta t$
이 공식을 쓰는 이유는 단위유량도가 1cm 유효우량에 대한 직접유출 수문곡선이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 단위유량도의 총유출체적은 $1cm = 0.01m$이므로 $0.01 \times 180 \times 10^6 = 1.8 \times 10^6 m^3$이다.
2. $\Delta t = 1hr = 3600s$이므로 수문곡선 체적은
$1.8 \times 10^6 = 3600\left[\frac{0+80}{2} + \frac{80+X}{2} + \frac{X+120}{2} + \frac{120+80}{2} + \frac{80+40}{2} + \frac{40+10}{2} + \frac{10+0}{2}\right]$
이다.
3. 대괄호 안은 $40 + \frac{80+X}{2} + \frac{X+120}{2} + 100 + 60 + 25 + 5 = 330 + X$이므로
$1.8 \times 10^6 = 3600(330 + X)$
$500 = 330 + X$
$X = 170$
이 된다.

선지 판단

① X: 계산 결과 $X = 170$이므로 160은 아니다. 160을 대입하면 총유출체적이 $1{,}764{,}000m^3$가 되어 단위유량도 조건과 맞지 않는다. 틀린 값 160 → 올바른 값 170이다.
② O: 계산 결과 $X = 170$이므로 옳다.
③ X: 180을 대입하면 총유출체적이 $1{,}836{,}000m^3$가 되어 1cm 직접유출체적보다 크다. 틀린 값 180 → 올바른 값 170이다.
④ X: 190을 대입하면 총유출체적이 $1{,}872{,}000m^3$가 되어 더 크게 초과한다. 틀린 값 190 → 올바른 값 170이다.

오답 포인트

단위유량도의 면적이 곧 유출체적이라는 점을 놓치거나, $1hr$를 3600초로 바꾸지 않으면 오답이 나온다. 각 시각의 유량을 단순합하지 말고 인접 두 점의 평균으로 사다리꼴합을 만들어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

단위유량도 표가 나오면 먼저 유효우량 1cm를 체적으로 바꾸고, 다음에 시간간격을 초 단위로 환산한 뒤, 사다리꼴합으로 전체 면적을 구해 미지 유량을 역산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

단위유량도 아래 면적 = $1cm \times$ 유역면적이며, 표 유량은 사다리꼴합에 Δt를 곱해 체적으로 바꾼다.

NoteBase

문 21. 유체의 점성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 온도가 상승하면 물의 점성계수는 작아진다.

② 온도가 상승하면 물의 동점성계수는 커진다.

③ 동점성계수는 점성계수를 밀도로 나눈 값이며, 단위는 stokes를 사용한다.

④ 액체의 점성계수와 기체의 점성계수는 온도에 따라 상반되는 변화관계를 보인다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 점성계수와 동점성계수의 정의, 그리고 액체와 기체의 온도 변화에 따른 점성 변화 방향을 묻는 문제이다.

핵심 개념

점성계수는 유체의 내부 마찰 크기를 나타내는 값으로 보통 동점성계수와 구별하여 본다.
동점성계수는 점성계수를 밀도로 나눈 값으로, $u = \mu/\rho$ 이다.
액체는 온도가 올라가면 분자 간 결합의 영향이 약해져 점성계수가 작아지는 경향을 보이고, 기체는 온도가 올라가면 분자 운동이 활발해져 점성계수가 커지는 경향을 보인다.

선지별 해설

① O. 물은 액체이므로 온도가 상승하면 점성계수 μ 가 작아진다. 따라서 ①은 맞는 설명이다.
② X. 틀린 부분은 "동점성계수는 커진다"이다. 물의 동점성계수 $u = \mu/\rho$ 는 온도 상승 시 밀도도 다소 감소하지만 점성계수 감소 효과가 더 커서 전체적으로 작아진다. 올바르게는 "온도가 상승하면 물의 동점성계수는 작아진다"이다.
③ O. 동점성계수는 점성계수를 밀도로 나눈 값이 맞다. 동점성계수의 단위는 SI 단위로는 m^2/s 이고, 관용적으로는 stokes를 사용하므로 선지의 설명은 맞다.
④ O. 액체의 점성계수는 온도 상승에 따라 대체로 감소하고, 기체의 점성계수는 온도 상승에 따라 대체로 증가한다. 따라서 두 유체는 온도에 대해 상반된 변화관계를 보인다고 할 수 있다.

오답 포인트

점성계수와 동점성계수를 같은 개념처럼 외우면 ②에 걸리기 쉽다. 이 문항의 함정은 물이 액체라는 점만 기억하고 $u = \mu/\rho$ 관계를 확인하지 않으면 동점성계수의 변화 방향을 반대로 판단하기 쉽다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

액체인지 기체인지부터 구분한 뒤 점성계수의 온도 의존성을 먼저 판단한다. 그다음 동점성계수가 나오면 반드시 $u = \mu/\rho$ 관계로 연결해 변화 방향을 다시 확인하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

액체는 온도 상승 시 점성 감소, 기체는 온도 상승 시 점성 증가, 동점성계수는 $u = \mu/\rho$ 이다.

NoteBase

문 22. 폭 6.0m, 높이 2.0m인 사각형 우수관거의 수심이 1.5m일 때, 평균유속[m/s]은? (단, 관거의 경사는 0.0025, Manning의 조도계수는 0.015이다)

① 1.00

② 2.66

③ 3.33

④ 4.00

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 Manning 공식을 이용해 사각형 우수관거의 평균유속을 계산할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 폭 6.0m, 관거 높이 2.0m, 수심 1.5m, 경사 0.0025, 조도계수 0.015이다.
구해야 할 값은 평균유속이다.
사각형 단면이므로 흐르는 단면적은 $6.0\times1.5=9.0\ m^2$, 윤변은 $6.0+2\times1.5=9.0\ m$이다.

사용할 공식

Manning 평균유속 공식은 $V=\frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2}$이다.
이 문제는 개수로가 아니라 부분만 찬 관거의 평균유속을 조도계수, 수리반지름, 경사로 구하는 전형적인 Manning 공식 적용 상황이다.

계산 과정

1. 단면적은 $A=6.0\times1.5=9.0m^2$이다.
2. 윤변은 $P=6.0+2\times1.5=9.0m$이므로 수리반지름은 $R=A/P=9.0/9.0=1.0m$이다.
3. 경사 제곱근은 $S^{1/2}=\sqrt{0.0025}=0.05$이다.
4. 따라서 $V=\frac{1}{0.015}\times1.0^{2/3}\times0.05=66.67\times1\times0.05\approx3.33m/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 평균유속을 1.00m/s로 본 값은 틀렸다. 올바르게는 3.33m/s이다. 수리반지름 계산 후 $1/n$과 $S^{1/2}$를 함께 반영해야 하는데, 이를 크게 누락하면 지나치게 작은 값이 나온다.
② X: 평균유속을 2.66m/s로 본 값은 틀렸다. 올바르게는 3.33m/s이다. 이 값은 수리반지름을 1.0보다 작게 잘못 잡거나 중간 계산에서 과소평가했을 때 나오는 오답이다.
③ O: 계산 결과가 약 3.33m/s이므로 옳다. 단면적과 윤변이 모두 9이어서 수리반지름이 정확히 1.0m가 된다는 점이 핵심이다.
④ X: 평균유속을 4.00m/s로 본 값은 틀렸다. 올바르게는 3.33m/s이다. 수리반지름을 수리평균깊이와 혼동하거나 반올림을 과도하게 하면 실제보다 큰 값이 나온다.

오답 포인트

사각형 부분만 찬 관거에서는 수리반지름을 A/P로 계산해야 하는데, 수심 1.5m를 그대로 대입하거나 수면폭과 혼동하면 오답이 된다. 이 문항은 단면적과 윤변이 우연히 모두 9가 되어 $R = 1$이 되는 점을 놓치게 만드는 함정이 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

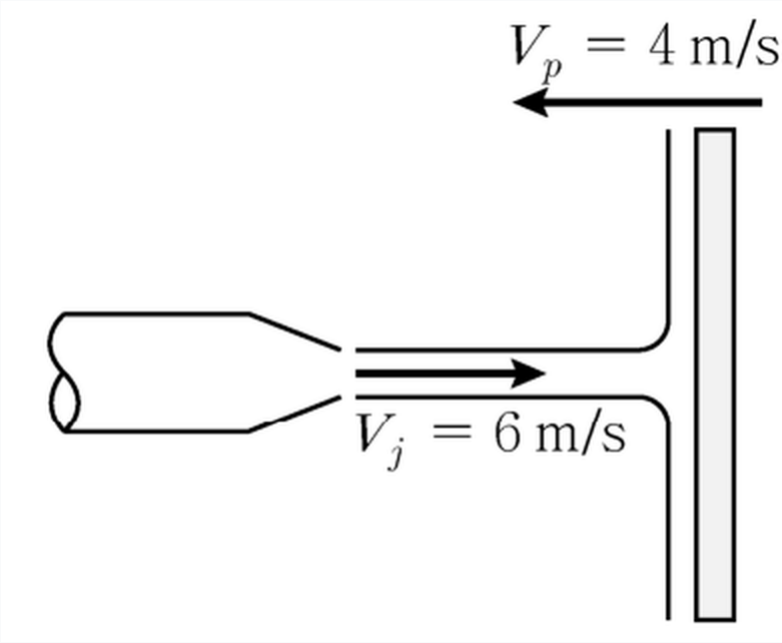
관거 유속 계산 문제는 단면적 계산, 윤변 계산, 수리반지름 산정, Manning 공식 대입 순서로 판단한다. 계산 전에 $R = A/P$가 맞는지와 S에 제곱근을 취했는지를 먼저 확인하면 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

Manning 유속은 $V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$, 부분만 찬 사각형 관거의 수리반지름은 항상 단면적 나누기 윤변이다.

NoteBase

문 23. 그림과 같이 지름 2cm의 물 제트가 속도 6m/s로 평판에 수직으로 충돌한다. 평판은 제트 쪽으로 4m/s의 속도로 움직이고 있다. 이때 평판이 받는 힘 [N]은? (단, 물의 밀도는 $1,000 kg/m^3$, 원주율은 3으로 한다)



① 20

② 30

③ 40

④ 50

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이동하는 평판에 수직으로 충돌하는 물 제트의 운동량 변화를 이용해 평판이 받는 힘을 구하는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 제트 지름 2cm, 제트 속도 6m/s, 평판 속도 4m/s(제트 쪽), 물의 밀도 $1,000 kg/m^3$, 원주율 3이다.
구해야 할 값: 평판이 받는 힘이다.
주의할 조건: 평판이 제트 쪽으로 움직이므로 충돌 상대속도는 $6 + 4 = 10 m/s$이다.

NoteBase

사용할 공식

$F = \rho A V_r^2$
$A = \frac{\pi d^2}{4}$
여기서 V_r는 제트와 평판의 상대속도이다.
이 공식을 쓰는 이유는 단위 시간에 평판에 부딪히는 질량유량이 $\rho A V_r$이고, 충돌로 사라지는 수직방향 속도 성분도 V_r이기 때문이다.

계산 과정

1. 제트 단면적은 $A = \frac{3 \times (0.02)^2}{4} = 0.0003 m^2$이다.
2. 평판이 제트 쪽으로 이동하므로 상대속도는 $V_r = 6 + 4 = 10 m/s$이다.
3. 힘은 $F = 1000 \times 0.0003 \times 10^2 = 30 N$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과와 맞지 않는다. 틀린 값은 20 N이고, 올바르게는 30 N이다. 20 N은 평판의 접근속도를 충분히 반영하지 못한 오답이다.
② O: 단면적 $0.0003 m^2$, 상대속도 $10 m/s$를 대입하면 힘이 정확히 30 N이므로 옳다.
③ X: 계산 결과보다 큰 값이다. 틀린 값은 40 N이고, 올바르게는 30 N이다. 40 N은 상대속도나 단면적을 과대평가했을 때 나오는 오답이다.
④ X: 계산 결과와 가장 크게 어긋난다. 틀린 값은 50 N이고, 올바르게는 30 N이다. 50 N은 운동량 변화량을 과도하게 잡은 오답이다.

오답 포인트

평판이 제트와 같은 방향으로 가는지, 제트 쪽으로 다가오는지를 먼저 구분해야 한다. 이 문항은 평판이 제트 쪽으로 움직이므로 상대속도를 빼지 않고 더해야 하는데, 이 부호 판단을 틀리면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

이동 평판 충돌 문제는 먼저 제트와 평판이 서로 가까워지는지 멀어지는지 판단하고, 그다음 상대속도 V_r를 구한 뒤 A, ρ, V_r^2를 차례로 대입해 힘을 계산한다.

암기 포인트

이동하는 평판에 제트가 수직 충돌하면 힘은 F = ρ A(상대속도)^2로 계산한다.

NoteBase

문 24. 직경이 0.1m인 원형관로에 난류가 흐르고 있을 때, 난류 조건을 만족하기 위한 최소 유량[L/s]은? (단, 동점성계수는 $1.0 \times 10^{-6} m^2/s$, 원주율은 3.14로 한다)

① 0.079

② 0.157

③ 0.236

④ 0.314

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 원형관로의 난류 시작 조건을 Reynolds 수와 유량식으로 연결해 최소 유량을 구하는 문제이다.

조건 정리

직경은 $D = 0.1m$, 동점성계수는 $\nu = 1.0 \times 10^{-6} m^2/s$이다. 관수로 흐름은 Reynolds 수로 분류되어 $Re < 2000$이면 층류, 2000≤ Re≤4000이면 천이영역, $Re > 4000$이면 완전 난류로 본다. 따라서 난류를 막 만족하는 최소 상태는 그 경계인 $Re = 4000$으로 둔다. 구해야 할 값은 최소 유량 Q이며 최종 단위는L/s이다.

사용할 공식

Reynolds 수는 $Re = \frac{VD}{u}$, 유량은 $Q = AV = \frac{\pi D^2}{4} V$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 난류 여부가 먼저 Re로 결정되고, 최소 난류 조건에서 얻은 평균유속 V를 관 단면적과 곱해야 유량 Q가 되기 때문이다.

계산 과정

1. 최소 난류 조건에서 $V = \frac{Reu}{D} = \frac{4000 \times 1.0 \times 10^{-6}}{0.1} = 0.04 m/s$이다.
2. 관 단면적은 $A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times 0.1^2}{4} = 0.00785 m^2$이다.
3. 따라서 $Q = AV = 0.00785 \times 0.04 = 0.000314 m^3/s = 0.314 L/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 0.079L/s는 $0.000079 m^3/s$이므로 평균유속은 $0.010 m/s$, Reynolds 수는 약 1000이다. 난류 조건에 한참 못 미친다. 틀린 표현은 '최소 유량이 0.079L/s이다'이고, 올바르게는 '최소 유량은 0.314L/s이다'이다.
② X: 0.157L/s는 $0.000157 m^3/s$이므로 평균유속은 약 $0.020 m/s$, Reynolds 수는 약 2000이다. 이는 층류 상한 쪽 값이지 난류 최소 조건이 아니다. 틀린 표현은 '최소 유량이 0.157L/s이다'이고, 올바르게는 '최소 유량은 0.314L/s이다'이다.
③ X: 0.236L/s는 $0.000236 m^3/s$이므로 평균유속은 약 $0.030 m/s$, Reynolds 수는 약 3000이다. 천이영역에 해당할 수 있으나 난류를 보장하는 최소 기준값은 아니다. 틀린 표현은 '최소 유량이 0.236L/s이다'이고, 올바르게는 '최소 유량은 0.314L/s이다'이다.
④ O: 0.314L/s는 $0.000314 m^3/s$이므로 평균유속은 $0.040 m/s$, Reynolds 수는 정확히 4000이 된다. 난류 조건을 막 만족하는 최소 유량이므로 옳다.

오답 포인트

층류 상한인 $Re \approx 2000$이나 천이영역 값을 난류 최소 기준과 혼동하면 ②나 ③으로 흔들린다. 또 m^3/s를L/s로 바꾸는 마지막 단계에서 1000배 환산을 빠뜨리면 소수점이 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

관로의 난류 최소값 문제는 난류 기준 Reynolds 수를 먼저 정하고, $Re = VD/u$에서 V를 구한 뒤, $Q = AV$로 유량을 계산하고 마지막에 단위를 검산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

원형관 난류 최소 유량은 $Re \to V \to Q$ 순서로 구하며, 출발점은 $Re = 4000$이다.

NoteBase

문 25. 폭이 10m인 직사각형 개수로에서 유량이 $1,000\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$일 때, 한계 수심[m]은? (단, 에너지보정계수는 1, 중력가속도는 $10\mathrm{m}/\mathrm{s}^2$로 한다)

① 10

② 20

③ 30

④ 40

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직사각형 개수로의 단위폭 유량으로 한계수심을 구하는 공식 $y_c = (q^2/g)^{1/3}$을 적용할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 유량 $Q = 1000m^3/s$, 폭 $b = 10m$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$, 에너지보정계수 1이다.
구해야 할 값: 한계수심 y_c이다.
주의할 조건: 직사각형 수로이므로 단위폭 유량 $q = Q/b$를 먼저 구한 뒤 한계수심 공식을 적용한다.

사용할 공식

직사각형 개수로의 한계수심은 $q^2 = gy_c^3$, 따라서 $y_c = (q^2/g)^{1/3}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 직사각형 개수로에서 한계상태는 프루드수 1인 상태이므로 단위폭 유량과 수심 사이에 $q^2 = gy_c^3$ 관계가 성립한다.
에너지보정계수 1 조건이 주어진 이유: 한계류 조건을 에너지보정계수를 포함해 쓰면 $\alpha q^2 = gy_c^3$, 즉 $y_c = (\alpha q^2/g)^{1/3}$이 되어 α가 1이 아니면 한계수심이 달라진다. 문제에서 $\alpha = 1$로 두었기 때문에 α항이 사라지고 위의 기본식 $y_c = (q^2/g)^{1/3}$을 그대로 쓸 수 있다.

계산 과정

1. 단위폭 유량을 구하면 $q = Q/b = 1000/10 = 100m^2/s$이다.
2. 한계수심 공식에 대입하면 $y_c = (q^2/g)^{1/3} = (100^2/10)^{1/3} = 1000^{1/3}$이다.
3. $1000^{1/3} = 10$이므로 한계수심은 $10m$이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 계산 결과 한계수심은 $10m$이므로 맞다.
② X: $20m$를 대입하면 $gy_c^3 = 10 \times 20^3 = 80000$으로 $q^2 = 10000$과 맞지 않는다. 틀린 표현은 수심값이고, 올바르게는 한계수심이 $10m$이다.
③ X: $30m$를 대입하면 $gy_c^3 = 10 \times 30^3 = 270000$으로 조건을 만족하지 않는다. 틀린 표현은 수심값이고, 올바르게는 한계수심이 $10m$이다.
④ X: $40m$를 대입하면 $gy_c^3 = 10 \times 40^3 = 640000$으로 조건을 만족하지 않는다. 틀린 표현은 수심값이고, 올바르게는 한계수심이 $10m$이다.

오답 포인트

총유량 Q를 그대로 넣거나 한계수심과 유량이 선형 비례한다고 오해하면 오답이 나온다. 이 문제는 반드시 단위폭 유량 q로 바꾼 뒤 세제곱근까지 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 개수로의 한계수심 문제는 폭이 주어지면 먼저 $q = Q/b$로 바꾸고, 다음에 $y_c = (q^2/g)^{1/3}$을 적용해 세제곱근까지 확인하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

직사각형 개수로 한계수심은 단위폭 유량으로 구하며 $q^2 = gy_c^3$에서 출발한다.

NoteBase