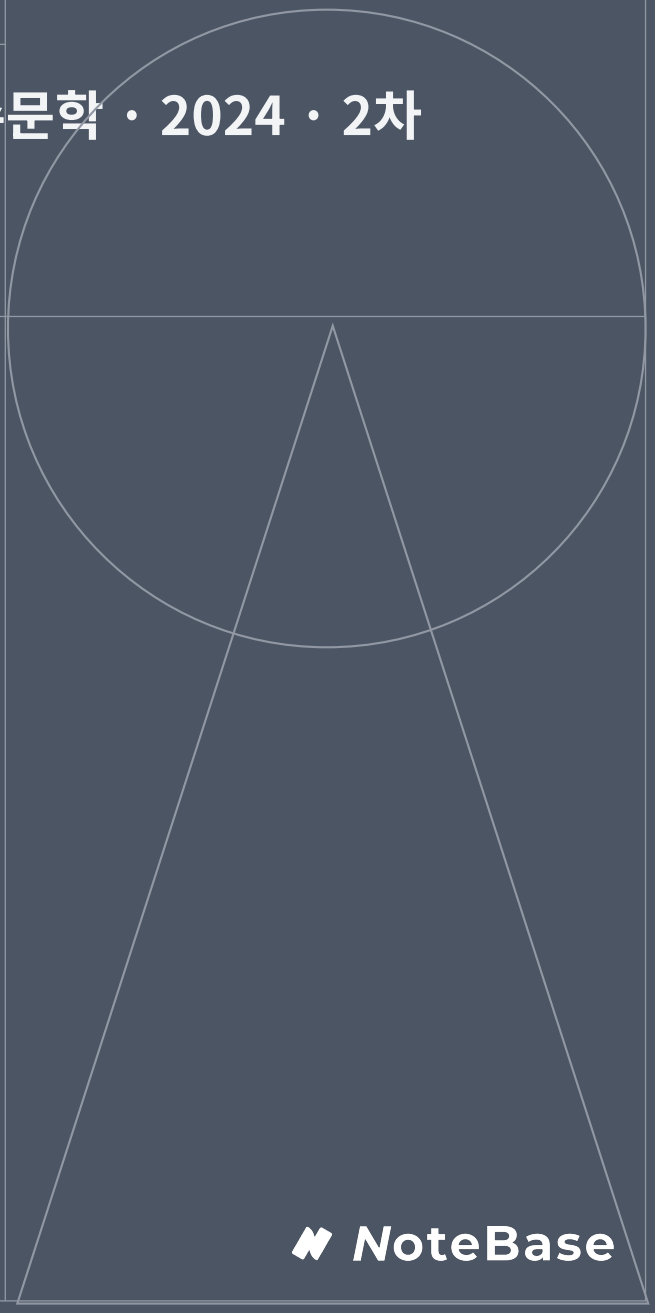
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2024 · 2차



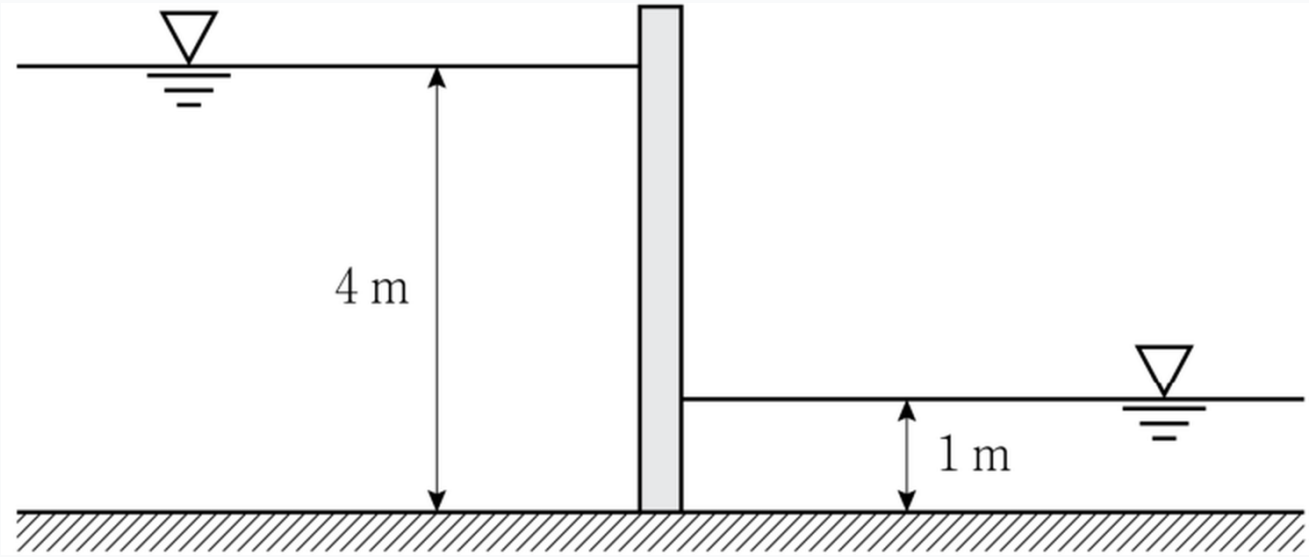
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2024 · 2차

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2024 · 2차

문 1. 그림과 같이 폭 $5m$의 직사각형 단면 수로에 설치된 수문에 작용하는 전수압$[kg_f]$은? (단, 물의 단위중량은 $1g_f/cm^3$이다)



① 2,500

② 36,000

③ 37,500

④ 40,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 수문 양측의 정수압 차를 이용해 수문에 작용하는 전수압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 수로 폭은 $5m$, 상류 수심은 $4m$, 하류 수심은 $1m$, 물의 단위중량은 $1gf/cm^3 = 1000kgf/m^3$이다.
구해야 할 값: 수문에 작용하는 전수압이다.
주의할 조건: 전수압은 한쪽 수압만 구하는 것이 아니라 양측 수압을 각각 계산한 뒤 그 차를 구해야 한다.

NoteBase

사용할 공식

연직 직사각형 면에 작용하는 수압은 $F = \gamma b h^2/2$이다.
이 문제의 전수압은 $F_{net} = \gamma b(h_1^2 - h_2^2)/2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 수문 양쪽 물이 각각 연직면에 삼각형 수압분포를 만들므로, 순수압은 두 전수압의 차로 계산되기 때문이다.

계산 과정

1. 상류측 전수압은 $F_1 = 1000 \times 5 \times 4^2/2 = 40{,}000kgf$이다.
2. 하류측 전수압은 $F_2 = 1000 \times 5 \times 1^2/2 = 2{,}500kgf$이다.
3. 수문에 작용하는 전수압은 $F = F_1 - F_2 = 40{,}000 - 2{,}500 = 37{,}500kgf$이다.

선지 판단

1번 X: 2,500은 하류측 수심 $1m$만으로 계산한 작은 쪽 전수압이다. 상류측 전수압을 반영하지 못한 값이므로 틀렸고, 올바른 값은 37,500이다.
2번 X: 36,000은 양측 수압 차를 정확히 계산한 값이 아니다. 이 문제는 수심 차 $(4 - 1)$를 그대로 넣는 것이 아니라 각 측의 h^2에 비례하는 전수압을 따로 구해 빼야 하므로 37,500이 되어야 한다.
3번 O: 상류측 40,000에서 하류측 2,500을 빼면 37,500이므로 맞다.
4번 X: 40,000은 상류측 전수압만 계산한 값이다. 하류측에도 반대 방향 전수압 2,500이 작용하므로 순수압으로는 틀렸고, 올바른 값은 37,500이다.

오답 포인트

수문 양쪽에 수위가 다르면 수심 차만 보고 한 번에 계산하기 쉽다. 그러나 전수압은 h가 아니라 h^2에 비례하므로, 상류측과 하류측 전수압을 각각 구한 뒤 빼야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

양측 수위가 있는 연직 수문 문제는 각 측에 대해 $F = \gamma b h^2/2$를 먼저 계산하고, 큰 쪽 전수압에서 작은 쪽 전수압을 빼는 순서로 판단한다.

암기 포인트

연직 직사각형 수압은 h^2에 비례하고, 양측 수문의 순수압은 $h_1^2 - h_2^2$ 형태로 계산한다.

NoteBase

문 2. 폭 6m인 직사각형 개수로에 3m 깊이로 물이 흐르고 있다. 유량이 $54\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$라면, 이때 레이놀즈(Reynolds) 수는? (단, 물의 동점성계수는 $1.0 \times 10^{-6}\mathrm{m}^2/\mathrm{s}$이다)

① 45,000

② 450,000

③ 4,500,000

④ 45,000,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직사각형 개수로의 평균유속과 수리반지름을 구한 뒤 개수로 레이놀즈수 공식을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 폭 $6m$, 수심 $3m$, 유량 $54m^3/s$, 동점성계수 $1.0 \times 10^{-6}m^2/s$이다.
구해야 할 값: 레이놀즈수 Re이다.
주의할 조건: 개수로이므로 수리반지름 $R = \frac{A}{P}$를 사용한다.

사용할 공식

개수로 레이놀즈수는 $Re = \frac{VR}{\nu}$이다.
여기서 $V = \frac{Q}{A}$, $R = \frac{A}{P}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 유량과 단면치수가 주어졌으므로 평균유속 V와 수리반지름 R을 구해 바로 레이놀즈수를 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 단면적은 $A = 6 \times 3 = 18m^2$이다.
2. 평균유속은 $V = \frac{Q}{A} = \frac{54}{18} = 3m/s$이다.
3. 윤변은 $P = 6 + 2 \times 3 = 12m$이다.
4. 수리반지름은 $R = \frac{A}{P} = \frac{18}{12} = 1.5m$이다.
5. 따라서 $Re = \frac{VR}{\nu} = \frac{3 \times 1.5}{1.0 \times 10^{-6}} = 4.5 \times 10^6 = 4,500,000$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 45,000은 계산 결과 4,500,000보다 100배 작다. 동점성계수의 지수를 10^{-4}로 잘못 읽었을 때 나오는 값에 가깝다. 올바르게는 4,500,000이다.
② X: 450,000은 계산 결과 4,500,000보다 10배 작다. 동점성계수를 10^{-5}로 잘못 두거나 0 하나를 빠뜨렸을 때 나오는 값이다. 올바르게는 4,500,000이다.
③ O: $Re = 4{,}500{,}000$이므로 선지의 수치와 일치한다.
④ X: 45,000,000은 계산 결과 4,500,000보다 10배 크다. 계산 마지막에 0을 하나 더 붙이거나 지수 자릿수를 잘못 옮긴 값이다. 올바르게는 4,500,000이다.

오답 포인트

직사각형 개수로에서 단면적 A는 6×3, 윤변 P는 $6 + 2 \times 3$으로 구해야 한다는 점을 놓치기 쉽다. 또한 동점성계수 1.0×10^{-6}의 지수를 잘못 읽으면 보기 ①, ②, ④처럼 10배 또는 100배 오차가 바로 생긴다.

다시 나오면 이렇게 판단

개수로 계산형 문제는 먼저 $A \rightarrow V \rightarrow P \rightarrow R \rightarrow Re$ 순서로 정리하면 된다. 최종값을 구한 뒤에는 지수와 0의 개수를 다시 확인하면 큰 자리수 오답을 바로 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

개수로 레이놀즈수는 $Re = \frac{VR}{\nu}$, 직사각형 개수로의 수리반지름은 $R = \frac{A}{P}$이다.

NoteBase

문 3. 다음 물리량 중 [FLT]계 차원으로 나타냈을 때, 길이의 차원을 포함하지 않는 것은?

① 비중

② 밀도

③ 점성계수

④ 표면장력

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 물리량을 [FLT]계 차원으로 바꾸었을 때 길이 차원 L이 남는지 여부를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

비중은 어떤 물질의 단위중량 또는 밀도를 기준 물질과 비교한 비로서 무차원량이다.
밀도는 단위부피당 질량이므로 M/L^3이고, [FLT]계에서는 $M = FT^2/L$이어서 FT^2/L^4가 된다.
점성계수는 유체의 전단저항을 나타내는 양으로 $M/(LT)$이며, [FLT]계에서는 FT/L^2가 된다.
표면장력은 단위길이당 작용하는 힘으로 F/L이다.

선지별 해설

① X
비중은 같은 기준량과의 비이므로 차원이 없다. 따라서 길이 차원 L도 포함하지 않는다.

② O
밀도는 M/L^3이다. [FLT]계로 바꾸면 $(FT^2/L)/L^3 = FT^2/L^4$가 되어 길이 차원 L이 포함된다.

③ O
점성계수는 $M/(LT)$이다. [FLT]계로 바꾸면 $(FT^2/L)/(LT) = FT/L^2$가 되어 길이 차원 L이 포함된다.

④ O
표면장력은 단위길이당 힘이므로 F/L이다. 직접적으로 길이 차원 L이 포함된다.

오답 포인트

비중과 단위중량을 혼동하면 ①을 차원이 있는 양으로 착각하기 쉽다. 비중은 비율이라 무차원이고,
밀도·점성계수·표면장력은 정의식에 길이 또는 부피가 들어가므로 [FLT]계에서도 길이 차원이 남는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 물리량의 원래 정의식을 쓴다. 그다음 M을 FT^2/L로 치환해 $[FLT]$계 차원식을 만들고, 식에 L이 남는지 확인하면 된다. 비율로 정의되는 양은 우선 무차원인지부터 본다.

암기 포인트

비중은 비율이라 무차원, 밀도는 M/L^3, 점성계수는 $M/(LT)$, 표면장력은 F/L이다.

NoteBase

문 4. $0.05\text{m}^3/\text{s}$**의 유량을** 4m **높은 곳으로 일정하게 양수하고자 할 때, 필요한 펌프의 동력** [W]**은? (단, 펌프효율은** 80%**, 물의 단위중량은** $10\text{kN}/\text{m}^3$**, 기타 손실은 무시한다)**

① 1,600

② 1,800

③ 2,000

④ 2,500

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 펌프가 물에 공급해야 하는 수동력과 펌프효율의 관계를 이용해 필요한 동력 W를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 유량 $Q = 0.05m^3/s$, 양수 높이 $H = 4m$, 펌프효율 $\eta = 0.8$, 물의 단위중량 $\gamma = 10kN/m^3 = 10{,}000N/m^3$이다.
구해야 할 값은 펌프의 필요한 동력 P이다.
기타 손실은 무시하므로 필요한 동력은 수동력을 효율로 나눈 값으로 본다.

사용할 공식

사용 공식은 다음과 같다.
$P = \frac{\gamma QH}{\eta}$
이 공식을 쓰는 이유는 물에 실제로 전달되는 수동력이 γQH이고, 펌프효율이 80%이면 입력동력은 그보다 더 커져야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 수동력을 먼저 계산하면
$\gamma QH = 10{,}000 \times 0.05 \times 4 = 2{,}000W$
2. 펌프효율 $\eta = 0.8$을 반영하면 필요한 동력은
$P = \frac{2{,}000}{0.8} = 2{,}500W$
3. 계산 결과는 $2{,}500W$이므로 4번이 맞다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 1,600W는 수동력 2,000W에 효율 0.8을 곱한 값이다. 펌프효율은 입력동력을 줄이는 값이 아니라 같은 수동력을 내기 위해 더 큰 입력이 필요함을 뜻하므로, 필요한 동력은 1,600W가 아니라 2,500W이다.
② X: 1,800W는 단위중량을 9kN/m^3 정도로 잘못 두거나 주어진 값을 잘못 읽을 때 나올 수 있는 값이다. 문제에서 준 단위중량은 10kN/m^3이므로 필요한 동력은 1,800W가 아니라 2,500W이다.
③ X: 2,000W는 물에 전달되는 수동력까지만 계산한 값이다. 펌프효율 80%를 반영하면 실제 필요한 입력동력은 더 커지므로 2,000W가 아니라 2,500W이다.
④ O: $P = \gamma QH/\eta$에 값을 대입하면 $P = 10{,}000 \times 0.05 \times 4/0.8 = 2{,}500W$가 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 효율 η를 곱할지 나눌지 거꾸로 처리하는 점이다. 효율이 1보다 작으면 필요한 입력동력은 수동력보다 반드시 커지므로, 답이 2,000W보다 작아지면 계산 방향이 잘못된 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

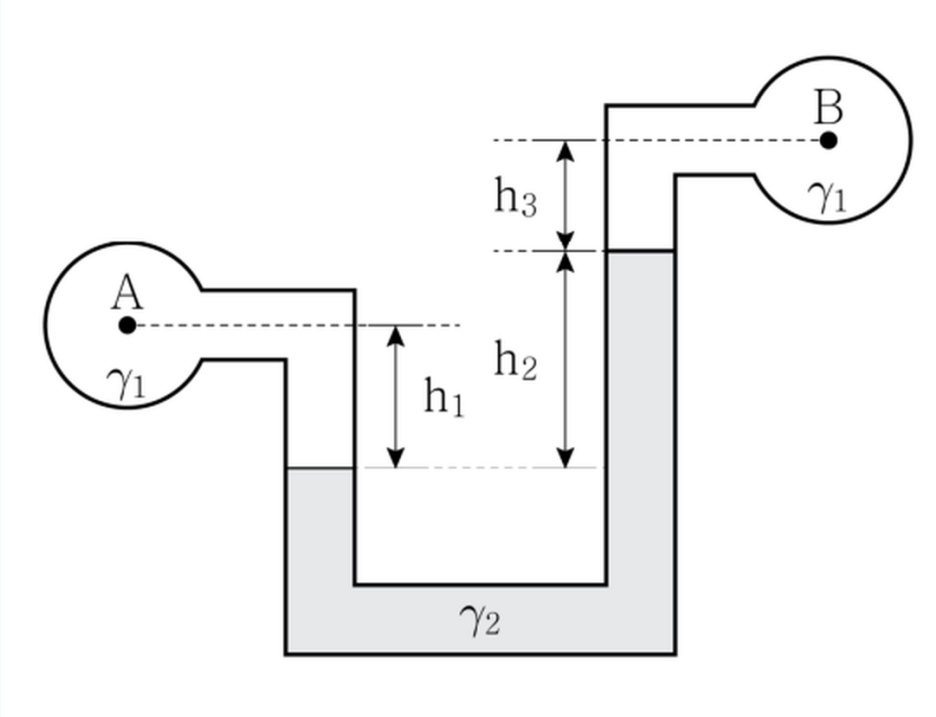
펌프 동력 문제는 먼저 γQH로 수동력을 구한 뒤, 효율이 주어지면 필요한 입력동력은 η로 나누어 계산한다. 마지막에는 효율이 100% 미만이므로 최종 답이 수동력보다 커지는지 검산한다.

암기 포인트

펌프 필요동력 = 수동력/효율이며, 효율이 작을수록 필요한 입력동력은 커진다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 서로 압력이 다른 두 관을 U-자형 액주계로 연결하였다. A와 B의 압력차[g_f/cm^2]는? (단, $\gamma_1 = 1g_f/cm^3$, $\gamma_2 = 13.6g_f/cm^3$, $h_1 = 14cm$, $h_2 = 20cm$, $h_3 = 10cm$이다)



① 154

② 268

③ 365

④ 420

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 U자형 액주계의 정수압 평형식을 이용해 두 점 A와 B의 압력차를 구하는 계산형 문항이다.

조건 정리

주어진 값은 $\gamma_1 = 1gf/cm^3$, $\gamma_2 = 13.6gf/cm^3$, $h_1 = 14cm$, $h_2 = 20cm$, $h_3 = 10cm$이다.
구해야 할 값은 $P_A - P_B$이다.
왼쪽 계면은 A점보다 h_1만큼 아래에 있고, 오른쪽 계면은 왼쪽 계면보다 h_2만큼 위에 있으며, B점은 오른쪽 계면보다 h_3만큼 위에 있다.

NoteBase

사용할 공식

같은 유체 안에서는 같은 높이의 압력이 같고, 아래로 내려가면 압력이 γh만큼 증가한다.
따라서 왼쪽 계면 압력은 $P_A + \gamma_1 h_1$, 오른쪽 계면 압력은 $P_B + \gamma_1 h_3$이다. 두 계면은 비중량 γ_2인 액체로 연결되어 있고 오른쪽 계면이 h_2만큼 더 높으므로
$P_A + \gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 = P_B + \gamma_1 h_3$
가 된다.
이 식을 쓰는 이유는 A에서 왼쪽 계면, 무거운 액체 구간, 오른쪽 계면, B로 이어지는 한 경로의 정수압 평형을 그대로 적용하는 상황이기 때문이다.

계산 과정

1. 왼쪽 계면 압력은 $P_L = P_A + \gamma_1 h_1$이다.
2. 오른쪽 계면은 왼쪽 계면보다 h_2만큼 높으므로 $P_R = P_L - \gamma_2 h_2$이다.
3. 또 $P_R = P_B + \gamma_1 h_3$이므로

$P_A - P_B = \gamma_2 h_2 + \gamma_1 (h_3 - h_1) = 13.6 \times 20 + 1 \times (10 - 14) = 272 - 4 = 268 (gf/cm^2)$
이다.
따라서 A의 압력이 B보다 $268 gf/cm^2$만큼 크다.

선지 판단

① X: $154 gf/cm^2$는 액주계 평형식에 주어진 값을 대입한 결과와 일치하지 않는다. 올바르게는 A와 B의 압력차가 $268 gf/cm^2$이다.
② O: 계산 결과 $P_A - P_B = 268 gf/cm^2$이므로 옳다.
③ X: $365 gf/cm^2$도 $P_A + \gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 = P_B + \gamma_1 h_3$에서 나오는 값이 아니다. 올바르게는 $268 gf/cm^2$이다.
④ X: $420 gf/cm^2$ 역시 무거운 액체 기둥과 가벼운 액체 기둥의 높이차를 반영한 정수압 평형 결과와 맞지 않는다. 올바르게는 $268 gf/cm^2$이다.
계산 결과 $268 gf/cm^2$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $\gamma_1 h_1$과 $\gamma_1 h_3$의 부호를 같은 방향으로 처리하는 실수이다. A에서 왼쪽 계면으로는 아래로 내려가므로 더하고, 오른쪽 계면에서 B로는 위로 올라가므로 $P_A - P_B$를 정리할 때 h_3는 h_1과 반대 부호로 들어간다. 또 무거운 액체 γ_2 구간 h_2는 압력차에 크게 작용하므로 반드시 포함해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

액주계 문제는 한쪽 점에서 다른 쪽 점까지 경로를 하나 정한 뒤, 아래로 이동하면 $+\gamma h$, 위로 이동하면 $-\gamma h$를 차례로 붙여 같은 점의 압력을 연결하면 된다. 마지막에 같은 유체와 다른 유체의 구간을 구분해 부호만 검산하면 수치가 안정된다.

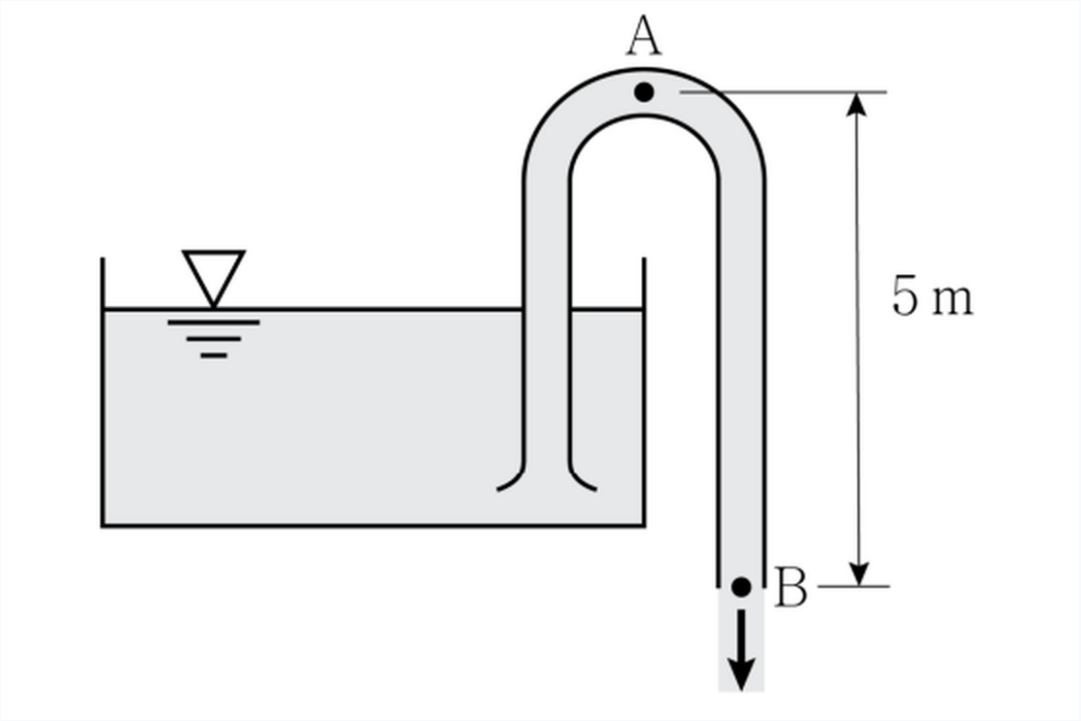
NoteBase

암기 포인트

액주계는 경로 따라 압력을 이어 붙인다. 아래로는 $+\gamma h$, 위로는 $-\gamma h$이다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 수조에 내경 $0.4m$인 사이펀이 설치되어 있다. 관의 마찰손실계수가 0.02이고, 사이펀 내 유속이 $1m/s$일 때, 점 A에서의 압력 $[gf/cm^2]$은? (단, 관내 마찰손실을 제외한 유입, 유출, 만곡 등 미소손실은 무시하며, 점 A에서 점 B까지 관의 길이는 $6m$, 물의 단위중량은 $1gf/cm^3$, 중력가속도는 $10m/s^2$이다)



① -501.5

② -498.5

③ 498.5

④ 501.5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 사이펀 관로의 두 점 A, B 사이에 베르누이 방정식과 Darcy-Weisbach 관마찰손실을 적용하여 점 A의 압력을 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값은 관 내경 $D = 0.4m$, 유속 $v = 1m/s$, 마찰손실계수 $f = 0.02$, A에서 B까지의 관 길이 $L = 6m$, A와 B의 고도차 $z_A - z_B = 5m$이다.
구해야 할 값은 점 A의 게이지압이다.
주의할 조건은 A와 B의 관경이 같으므로 속도수두가 서로 같아 상쇄되고, 유입·유출·만곡의 미소손실은 무시하며, B는 대기와 접하므로 $p_B = 0$으로 둔다는 점이다.

사용할 공식

사용 공식은 다음과 같다.
$\frac{p_A}{\gamma} + z_A + \frac{v^2}{2g} = \frac{p_B}{\gamma} + z_B + \frac{v^2}{2g} + h_f$
관마찰손실수두는
$h_f = f\frac{L}{D}\frac{v^2}{2g}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 A와 B가 같은 관 내의 두 점이고, 문제에서 관내 마찰손실만 고려하라고 주어졌기 때문이다.

계산 과정

1. 관마찰손실수두를 계산하면
$h_f = 0.02 \times \frac{6}{0.4} \times \frac{1^2}{2 \times 10} = 0.02 \times 15 \times 0.05 = 0.015m$
이다.
2. B점은 대기 개방이므로 $p_B = 0$이고, $v_A = v_B$이므로 속도수두는 소거된다. 따라서
$\frac{p_A}{\gamma} + z_A = z_B + h_f$
이고,
$\frac{p_A}{\gamma} = z_B - z_A + h_f = -5 + 0.015 = -4.985m$
이다.
3. 물의 단위중량이 $1gf/cm^3$이므로 물기둥 $1m$는 압력 $100gf/cm^2$에 해당한다. 따라서
$p_A = -4.985 \times 100 = -498.5gf/cm^2$
이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $-501.5gf/cm^2$는 마찰손실을 $-5m$에 더 불리하게 더해 $-5.015m$로 처리한 값이다.
- A에서 B로 갈 때는 위치수두가 $5m$ 감소하고, 마찰손실 $0.015m$만큼만 보정되므로 $\frac{p_A}{\gamma} = -4.985m$가 맞다.
- 틀린 표현은 손실수두의 부호 처리이며, 올바르게는 $-5 + 0.015 = -4.985m$이다.

② O
- 계산 결과 점 A의 압력은 $-498.5gf/cm^2$이다.
- B점이 대기압이고 A점이 B점보다 $5m$ 높으므로 A점 압력은 음의 게이지압이 되며, 여기에 관마찰손실 $0.015m$을 반영하면 $-4.985m$ 수두가 된다.

③ X
- $498.5gf/cm^2$는 크기만 맞고 부호를 반대로 쓴 값이다.
- 틀린 표현은 A점 압력을 양압으로 본 점이며, 올바르게는 사이펀 정상부인 A점은 대기압보다 낮은 압력이므로 $-498.5gf/cm^2$이다.

④ X
- $501.5gf/cm^2$는 ①의 손실수두 부호 오류에 더해 압력 부호까지 반대로 쓴 값이다.
- 틀린 표현은 압력의 방향성과 손실항 처리를 모두 잘못한 점이며, 올바르게는 음의 게이지압 $-498.5gf/cm^2$이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 A가 B보다 높은 점이라는 이유로 압력이 반드시 큰 것으로 착각하는 점이다. 이 문항은 B가 대기 개방점이라는 사실을 기준점으로 잡아야 하며, 사이펀 정상부 A에서는 음의 게이지압이 나온다. 또한 손실수두 h_f를 베르누이식의 어느 쪽에 두는지에 따라 -501.5와 -498.5가 갈리므로 손실항의 부호를 끝까지 일관되게 처리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

사이펀 계산형 문제는 먼저 대기 개방점의 압력을 0으로 두고, 같은 관경이면 속도수두를 소거한 뒤, 고도차와 마찰손실수두를 차례로 넣어 압력수두의 부호를 판단하는 순서로 풀면 된다.

암기 포인트

사이펀 정상부 압력은 대개 음의 게이지압이며, 같은 관경의 두 점 비교에서는 $\frac{p}{\gamma} + z$에 마찰손실수두를 반영해 판단한다.

NoteBase

문 7. 어떤 직사각형 개수로에서 도수 전·후의 수심이 각각 4 m, 8 m일 때, 도수로 인한 에너지 손실[m]은?

① 0.125

② 0.133

③ 0.250

④ 0.500

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직사각형 개수로에서 도수 전후 수심으로 도수 손실수두를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 도수 전 수심은 $y_1 = 4m$, 도수 후 수심은 $y_2 = 8m$이다.
구해야 할 값: 도수로 인한 에너지 손실 ΔE이다.
주의할 조건: 직사각형 개수로의 도수 손실 공식을 적용한다.

사용할 공식

직사각형 개수로의 도수 손실은 $\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2}$ 이다.
이 공식은 직사각형 개수로에서 도수 전후 수심만 알 때 비에너지 감소량을 바로 구하는 식이다.

계산 과정

$\Delta E = \frac{(8-4)^3}{4 \cdot 4 \cdot 8} = \frac{4^3}{128} = \frac{64}{128} = 0.500$
따라서 도수로 인한 에너지 손실은 $0.500m$이다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 $0.500m$이므로 0.125는 틀리다. $(y_2 - y_1)^3$ 계산이나 분모 $4y_1y_2$ 곱셈을 잘못 처리한 값에 가깝다. 올바르게는 에너지 손실이 $0.500m$이다.
2번 X: 계산 결과는 $0.500m$이므로 0.133은 틀리다. 도수 손실 공식을 다른 손실식과 혼동하면 나올 수 있는 값이다. 올바르게는 에너지 손실이 $0.500m$이다.
3번 X: 계산 결과는 $0.500m$이므로 0.250은 틀리다. 최종 나눗셈을 절반만 반영하거나 제곱과 세제곱을 혼동한 값에 가깝다. 올바르게는 에너지 손실이 $0.500m$이다.
4번 O: 공식에 수심을 대입하면 $\Delta E = 0.500m$이므로 옳다.

NoteBase

오답 포인트

직사각형 개수로의 도수 문제는 $(y_2 - y_1)$를 세제곱으로 계산한다는 점과 분모가 $4y_1y_2$라는 점에서 많이 틀린다. 수심 차만 보고 단순 비율로 계산하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

도수 문제는 먼저 직사각형 개수로 여부를 확인하고, 다음에 y_1, y_2를 손실수두 공식에 대입한 뒤 결과 단위를 m로 검산하면 된다.

암기 포인트

직사각형 개수로 도수 손실은 $\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2}$로 계산한다.

문 8. 수심에 비해 폭이 매우 넓은 직사각형 개수로에서 등류수심이 $y_n = \frac{n^{\alpha} q^{\alpha}}{S_0^{\beta}}$일 때, α의 값은? (단, y_n은 등류수심, n은 Manning의 조도계수, q는 단위폭당 유량, S_0는 하상경사이다)

① 3/5

② 5/3

③ 3/10

④ 10/3

정답 1번

출제 포인트

폭이 매우 넓은 직사각형 개수로에서 Manning식을 단위폭 유량 q 형태로 바꾼 뒤 등류수심 y_n의 지수를 정리하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 식은 $y_n = \frac{n^{\alpha} q^{\alpha}}{S_0^{\beta}}$이다.
- 폭이 매우 넓은 직사각형 개수로이므로 수리반지름은 $R \approx y_n$이다.
- q는 단위폭당 유량이므로 $q = V y_n$로 쓸 수 있다.

사용할 공식

$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2}$

$q = V y_n$

이 공식을 쓰는 이유:
등류수심을 묻는 문제이고, 폭이 매우 넓은 직사각형 개수로에서는 $R \approx y_n$가 되어 Manning식으로 바로 q와 y_n의 관계를 만들 수 있다.

계산 과정

1. $R \approx y_n$를 Manning식에 대입하면

$q = V y_n = \frac{1}{n} y_n \cdot y_n^{2/3} S_0^{1/2} = \frac{1}{n} y_n^{5/3} S_0^{1/2}$

2. 이를 y_n에 대해 정리하면

$y_n^{5/3} = \frac{nq}{S_0^{1/2}}$

3. 양변에 $\frac{3}{5}$제곱을 하면

$y_n = \left(\frac{nq}{S_0^{1/2}}\right)^{3/5} = \frac{n^{3/5} q^{3/5}}{S_0^{3/10}}$

4. 따라서 $\alpha = \frac{3}{5}, \beta = \frac{3}{10}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 최종식이 $y_n = \frac{n^{3/5} q^{3/5}}{S_0^{3/10}}$이므로 $\alpha = \frac{3}{5}$가 맞다.

② X
- $\frac{5}{3}$은 y_n을 정리하기 전 단계의 지수일 뿐, 최종식에서 n과 q의 지수가 아니다.
- 틀린 표현은 $\alpha = \frac{5}{3}$이고, 올바르게는 $\alpha = \frac{3}{5}$이다.

③ X
- $\frac{3}{10}$은 분모의 S_0에 붙는 지수인 β이다.
- 틀린 표현은 $\alpha = \frac{3}{10}$이고, 올바르게는 $\alpha = \frac{3}{5}$이다.

④ X
- $\frac{10}{3}$은 지수 정리 과정에서 역수를 잘못 한 번 더 취했을 때 나오는 값으로, 최종 등류수심식의 α와 무관하다.
- 틀린 표현은 $\alpha = \frac{10}{3}$이고, 올바르게는 $\alpha = \frac{3}{5}$이다.

오답 포인트

폭이 매우 넓은 직사각형 개수로에서 $R \approx y$라는 조건을 놓치거나, $y_n^{5/3}$를 y_n로 풀 때 지수를 $\frac{3}{5}$로 바꾸지 못하면 ②, ④ 같은 오답에 걸리기 쉽다. 또한 $\beta = \frac{3}{10}$을 α와 혼동하면 ③을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

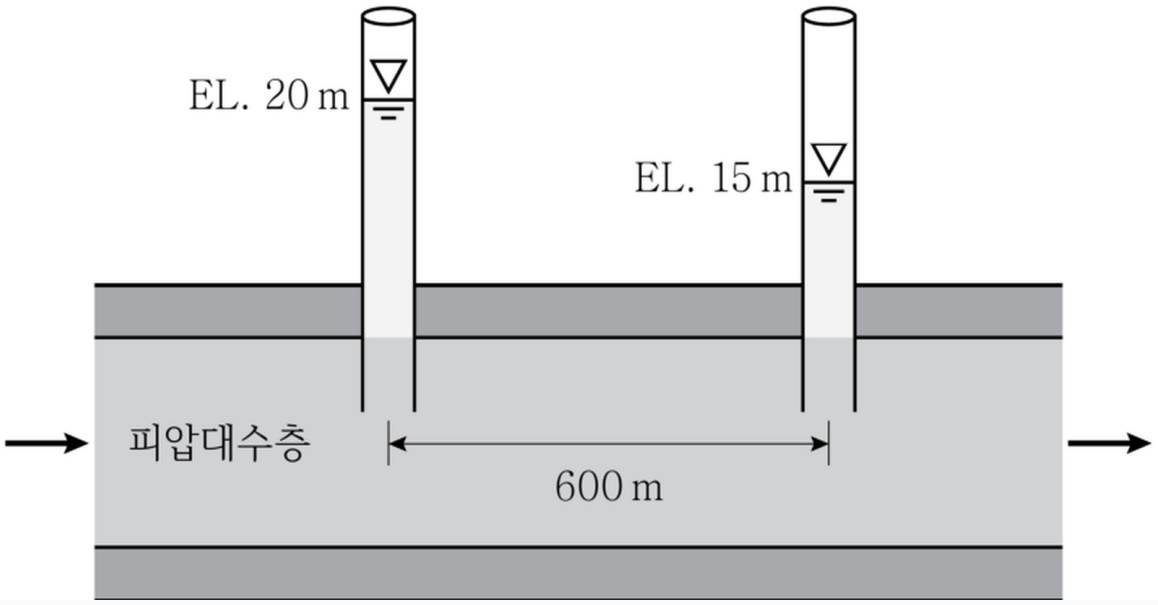
넓은 직사각형 개수로 문제는 먼저 $R \approx y$를 적용한 뒤 Manning식으로 q를 y의 식으로 만든다. 그다음 y를 홀로 남기면서 지수를 역수로 바꾸면 α와 β를 정확히 구할 수 있다.

암기 포인트

넓은 직사각형 개수로의 등류수심은 $q = \frac{1}{n} y^{5/3} S_0^{1/2}$에서 출발하므로 $y_n \propto n^{3/5} q^{3/5} S_0^{-3/10}$이다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 두께가 10 m, 폭이 0.5 km, 투수계수가 $60m/d$인 피압대수층이 있다. 이 피압대수층 내에서 600 m 떨어진 두 지점에 설치된 우물의 수위가 각각 EL. 20 m, EL. 15 m이다. 이 피압대수층을 통하여 흐르는 유량$[m^3/d]$은?



① 25

② 250

③ 2,500

④ 25,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 피압대수층의 유량을 Darcy 법칙 $Q = KiA$로 계산하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 투수계수 $K = 60m/d$, 대수층 두께 $b = 10m$, 폭 $W = 0.5km = 500m$, 수두차 $\Delta h = 20 - 15 = 5m$, 유동거리 $L = 600m$이다.
- 구해야 할 값: 유량 $Q[m^3/d]$이다.
- 주의할 조건: 폭 $0.5km$를 반드시 $500m$로 바꾸고, 동수경사는 $i = \Delta h/L$로 계산한다.

NoteBase

사용할 공식

Darcy 법칙은
$Q = KiA$
이다. 여기서 단면적은 $A = bW$, 동수경사는 $i = \frac{\Delta h}{L}$이다.

이 공식을 쓰는 이유:
피압대수층에서 일정한 두께와 폭을 따라 흐르는 1차원 정상류이므로 투수계수, 경사, 유동단면적의 곱으로 유량을 구할 수 있다.

계산 과정

1. 유동단면적은 $A = bW = 10 \times 500 = 5{,}000m^2$이다.
2. 동수경사는 $i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{20-15}{600} = \frac{5}{600} = \frac{1}{120}$이다.
3. 따라서
$Q = KiA = 60 \times \frac{1}{120} \times 5{,}000 = 2{,}500m^3/d$
이다.

선지별 해설

① X
- 계산 결과는 $25m^3/d$가 아니라 $2{,}500m^3/d$이다.
- 틀린 표현은 유량값 25이다. 올바르게는 유량이 $2{,}500m^3/d$이다.
- 이 값은 폭 $0.5km$를 지나치게 작게 환산하는 식의 단위변환 오류에서 나오기 쉽다.

② X
- 계산 결과와 10배 차이가 난다.
- 틀린 표현은 유량값 250이다. 올바르게는 유량이 $2{,}500m^3/d$이다.
- 이 값은 폭 $0.5km$를 $50m$로 잘못 바꾸는 오류에서 나오기 쉽다.

③ O
- $Q = 60 \times \frac{5}{600} \times (10 \times 500) = 2{,}500m^3/d$이므로 계산값과 일치한다.
- 피압대수층 유량은 투수계수, 동수경사, 유동단면적을 곱해 바로 구한다.

④ X
- 계산 결과보다 10배 크다.
- 틀린 표현은 유량값 25,000이다. 올바르게는 유량이 $2{,}500m^3/d$이다.
- 이 값은 유동거리 $600m$를 $60m$처럼 잘못 읽어 동수경사를 10배 크게 잡을 때 나오기 쉽다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 단위변환과 동수경사 계산이다. 특히 폭 $0.5km$를 $500m$로 바꾸지 않거나, 동수경사를 수두차 $5m$ 자체로 착각하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

피압대수층 유량 문제는 먼저 $A = bW$로 유동단면적을 만들고, 다음에 $i = \frac{\Delta h}{L}$를 구한 뒤, 마지막에 $Q = KiA$에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

피압대수층의 기본 유량식은 $Q = K \times \frac{\Delta h}{L} \times bW$이다.

NoteBase

문 10. 폭이 $10\mathrm{m}$, 수심이 $2\mathrm{m}$인 직사각형 단면 하천의 유량이 $5\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$일 때, 이 하천의 흐름상태를 바르게 분류한 것은? (단, 물의 동점성계수는 $1.0\times10^{-6}\mathrm{m}^2/\mathrm{s}$이다)

① 난류, 상류

② 난류, 사류

③ 층류, 상류

④ 층류, 사류

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 개수로 흐름의 Reynolds 수와 Froude 수를 이용해 난류·층류와 상류·사류를 함께 판별하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 폭 $10m$, 수심 $2m$, 유량 $5m^3/s$, 동점성계수 $1.0\times10^{-6}m^2/s$이다.
단면적은 $A=10\times2=20m^2$이다.
평균유속은 $V=Q/A=5/20=0.25m/s$이다.
직사각형 수로의 수리깊이는 $D=A/T=20/10=2m$이고, 윤변은 $P=10+2\times2=14m$이므로 동수반지름은 $R=A/P=20/14\approx1.43m$이다.

사용할 공식

흐름 상태 판정에는 $Re=VR/\nu$와 $Fr=V/\sqrt{gD}$를 사용한다.
Reynolds 수는 점성력에 대한 관성력의 상대적 크기를 보아 층류·난류를 가르는 기준이고, Froude 수는 중력파 전파속도에 대한 유속의 크기를 보아 상류·사류를 가르는 기준이기 때문에 이 문제 조건에 직접 대응한다.

계산 과정

1. Reynolds 수를 계산하면 $Re=0.25\times1.43/(1.0\times10^{-6})\approx3.57\times10^5$이다.
2. Re가 2000보다 훨씬 크므로 흐름은 층류가 아니라 난류이다.
3. Froude 수를 계산하면 $Fr=0.25/\sqrt{9.8\times2}\approx0.056$이다.
4. $Fr<1$이므로 사류가 아니라 상류이다.
5. 따라서 흐름 상태는 난류, 상류이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 O: $Re \approx 3.57 \times 10^5$이므로 난류이고, $Fr \approx 0.056 < 1$이므로 상류이다. 두 판정이 모두 맞다.
2번 X: '사류'가 틀린 표현이다. $Fr < 1$이므로 올바르게는 '난류, 상류'이다.
3번 X: '층류'가 틀린 표현이다. Re가 매우 커서 올바르게는 '난류, 상류'이다.
4번 X: '층류, 사류'가 모두 틀린 표현이다. 올바르게는 '난류, 상류'이다.

오답 포인트

수심이 얕지 않고 유속도 크지 않아서 직감만으로 층류처럼 보일 수 있지만, 동점성계수 $1.0 \times 10^{-6} m^2/s$가 매우 작아 Reynolds 수는 매우 크게 나온다. 또 유속이 작으면 Froude 수는 1보다 작아지므로 상류 판정을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

개수로 흐름 분류 문제는 먼저 A, V, R, D를 정리한 뒤 Re로 난류·층류를, Fr로 상류·사류를 각각 독립적으로 판정하면 된다.

암기 포인트

Re는 점성 기준으로 층류·난류를, Fr는 중력 기준으로 상류·사류를 판정하며 $Fr < 1$이면 상류이다.

NoteBase

문 11. 하상경사 0.0001, 조도계수 0.01, 폭 4 m인 직사각형 단면수로가 최적수로단면(best hydraulic section)일 때의 유량 $[m^3/s]$은?

① 4

② 6

③ 8

④ 10

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 직사각형 개수로의 최적수리단면 조건과 Manning 공식을 이용해 유량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 하상경사 $S = 0.0001$, 조도계수 $n = 0.01$, 수로 폭 $b = 4m$이다.
구해야 할 값은 유량 Q이다.
직사각형 최적수리단면은 $b = 2y$이므로 수심 $y = 2m$이다.

사용할 공식

직사각형 최적수리단면에서 $b = 2y$이다.
단면적은 $A = by$이다.
윤변은 $P = b + 2y$이다.
동수반경은 $R = A/P$이다.
Manning 공식은 $Q = \frac{1}{n}AR^{2/3}S^{1/2}$이다.
이 문제는 등류 상태의 개수로 유량을 묻고 있고 조도계수와 하상경사가 주어졌으므로 Manning 공식을 적용한다.

계산 과정

1. 최적수리단면 조건에서 $y = b/2 = 2m$이다.
2. 단면적은 $A = by = 4 \times 2 = 8m^2$이다.
3. 윤변은 $P = b + 2y = 4 + 2 \times 2 = 8m$이다.
4. 동수반경은 $R = A/P = 8/8 = 1m$이다.
5. 유량은 $Q = \frac{1}{0.01} \times 8 \times 1^{2/3} \times (0.0001)^{1/2} = 100 \times 8 \times 1 \times 0.01 = 8m^3/s$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
계산 결과 유량은 $8m^3/s$이므로 4는 틀리다.
틀린 표현은 유량값 4이다. 올바르게는 $8m^3/s$이다.
이 값은 최적수리단면 조건을 쓰지 않거나 단면적 $A = 8m^2$를 절반으로 잘못 잡을 때 나오기 쉬운 오답이다.

② X
계산 결과 유량은 $8m^3/s$이므로 6은 틀리다.
틀린 표현은 유량값 6이다. 올바르게는 $8m^3/s$이다.
이 값은 수심을 잘못 잡거나 동수반경 계산에서 윤변을 잘못 적용할 때 나올 수 있는 오답이다.

③ O
계산 결과 유량은 $8m^3/s$이므로 옳다.
최적수리단면에서 $R = 1m$이 되어 Manning 공식 계산이 바로 $Q = 8m^3/s$로 정리된다.

④ X
계산 결과 유량은 $8m^3/s$이므로 10은 틀리다.
틀린 표현은 유량값 10이다. 올바르게는 $8m^3/s$이다.
이 값은 $S^{1/2} = 0.01$ 처리를 빠뜨리거나 조도계수 역수 적용만 크게 보고 과대평가할 때 생기기 쉬운 오답이다.

오답 포인트

핵심 함정은 직사각형 최적수리단면 조건을 바로 $b = 2y$로 연결하지 못하는 점이다. 또 동수반경을 폭이나 수심으로 착각하거나 $S^{1/2}$ 계산을 빠뜨리면 오답 선지로 이동한다.

다시 나오면 이렇게 판단

최적수리단면 문제가 나오면 먼저 단면 조건식을 적용해 치수를 정리하고, 그다음 A, P, R를 구한 뒤 Manning 공식에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

직사각형 최적수리단면은 $b = 2y$, 따라서 $R = y/2$가 아니라 이 문제에서는 $R = 1m$로 바로 정리된다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 12. 내경 0.5m인 관에 물이 가득 차 층류로 흐르고 있다. 이 관의 100m 구간에서 발생한 손실수두가 2.0m이다. 관벽에 작용하는 전단응력 [kgf/m^2]은? (단, 물의 단위중량은 1gf/cm^{3}이다)

① 2.5

② 5.0

③ 7.5

④ 10.0

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 관수로의 손실수두와 관벽 전단응력의 관계식을 이용해 전단응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 관 내경 $D = 0.5m$, 관 길이 $L = 100m$, 손실수두 $h_f = 2.0m$
구해야 할 값: 관벽에 작용하는 전단응력 τ_0
주의할 조건: 물의 단위중량 $1gf/cm^3$는 $1000kgf/m^3$로 환산된다.

사용할 공식

$h_f = \frac{4\tau_0 L}{\gamma D}$
이 식을 전단응력에 대해 정리하면 $\tau_0 = \frac{\gamma D h_f}{4L}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 만수 원관의 마찰 손실이 관벽 전단응력과 직접 연결되기 때문이다.

계산 과정

1. 만수 원관의 손실수두와 전단응력 관계식은 $h_f = \frac{4\tau_0 L}{\gamma D}$ 이다.
2. 이를 τ_0에 대해 정리하면 $\tau_0 = \frac{\gamma D h_f}{4L}$ 이다.
3. 물의 단위중량 $\gamma = 1000kgf/m^3$를 대입하면 $\tau_0 = \frac{1000 \times 0.5 \times 2.0}{4 \times 100} = 2.5kgf/m^2$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 $2.5 kgf/m^2$이므로 옳은 값이다.
- 전단응력을 $2.5 kgf/m^2$로 본 진술이 올바르다.

② X
- $5.0 kgf/m^2$는 계산값 $2.5 kgf/m^2$와 일치하지 않는다.
- 틀린 표현은 "전단응력이 $5.0 kgf/m^2$이다"이고, 올바르게는 "전단응력이 $2.5 kgf/m^2$이다"이다.

③ X
- $7.5 kgf/m^2$는 관계식에 대입해 얻는 값과 일치하지 않는다.
- 틀린 표현은 "전단응력이 $7.5 kgf/m^2$이다"이고, 올바르게는 "전단응력이 $2.5 kgf/m^2$이다"이다.

④ X
- $10.0 kgf/m^2$는 식의 분모 $4L$를 빠뜨리거나 계수를 잘못 적용한 값으로 볼 수 있으며, 정답과 일치하지 않는다.
- 틀린 표현은 "전단응력이 $10.0 kgf/m^2$이다"이고, 올바르게는 "전단응력이 $2.5 kgf/m^2$이다"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 원관에서 수리반지름이 $D/4$라는 점과 힘 평형식의 분모에 $4L$가 들어간다는 점이다. 이 계수를 놓치면 $10.0 kgf/m^2$ 같은 오답이 나온다. 또 $1 gf/cm^3$를 $1000 kgf/m^3$로 바꾸지 않으면 단위가 어긋난다.

다시 나오면 이렇게 판단

관 마찰 전단응력 문제는 먼저 손실수두식 $h_f = 4\tau_0 L/(\gamma D)$를 세우고, 다음에 τ_0를 정리한 뒤, 마지막에 단위중량 단위를 kgf/m^3로 맞춰 계산하면 된다.

암기 포인트

만수 원관의 관벽 전단응력은 $\tau_0 = \gamma D h_f/(4L)$이고, 원관의 수리반지름은 $D/4$이다.

NoteBase

문 13. 합리식의 유출계수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 유역의 유출계수는 강우지속기간 동안 일정하다고 가정한다.

② 도시유역의 경우, 공원이 상업지역보다 유출계수가 작다.

③ 유역 내 토지이용별 유출계수를 산술평균하여 결정한다.

④ 유출계수는 0 ~ 1의 범위에서 결정된다.

정답 3번

출제 포인트

합리식에서 유출계수의 의미와 결정 방법, 그리고 토지이용별 상대적 크기를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

유출계수는 강우량 중 직접유출로 전환되는 비율을 나타내는 계수이다. 합리식에서는 유출계수 C를 강우지속기간 동안 일정하다고 본다. 유역이 여러 토지이용으로 구성되면 대표 유출계수는 단순 산술평균이 아니라 각 토지이용 면적비를 반영한 가중평균으로 정한다.

선지별 해설

① O

합리식은 첨두유출량을 간단히 산정하는 식이므로 유출계수 C를 강우지속기간 동안 일정한 값으로 가정한다.

② O

도시유역에서 공원은 투수성이 상대적으로 커서 상업지역보다 직접유출 비율이 작다. 따라서 공원의 유출계수가 상업지역보다 작다는 설명은 맞다.

③ X

틀린 부분은 "산술평균하여"이다. 유역 전체 유출계수는 토지이용별 유출계수에 각 면적비를 곱해 합하는 가중평균으로 결정한다.

④ O

유출계수는 강우 중 직접유출로 나타나는 비율이므로 일반적으로 0에서 1 사이의 값으로 본다.

오답 포인트

③은 평균이라는 표현만 보고 넘어가면 틀리기 쉽다. 합리식의 대표 유출계수는 각 토지이용 면적의 비중을 반영해야 하므로 단순평균과 가중평균을 구분해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

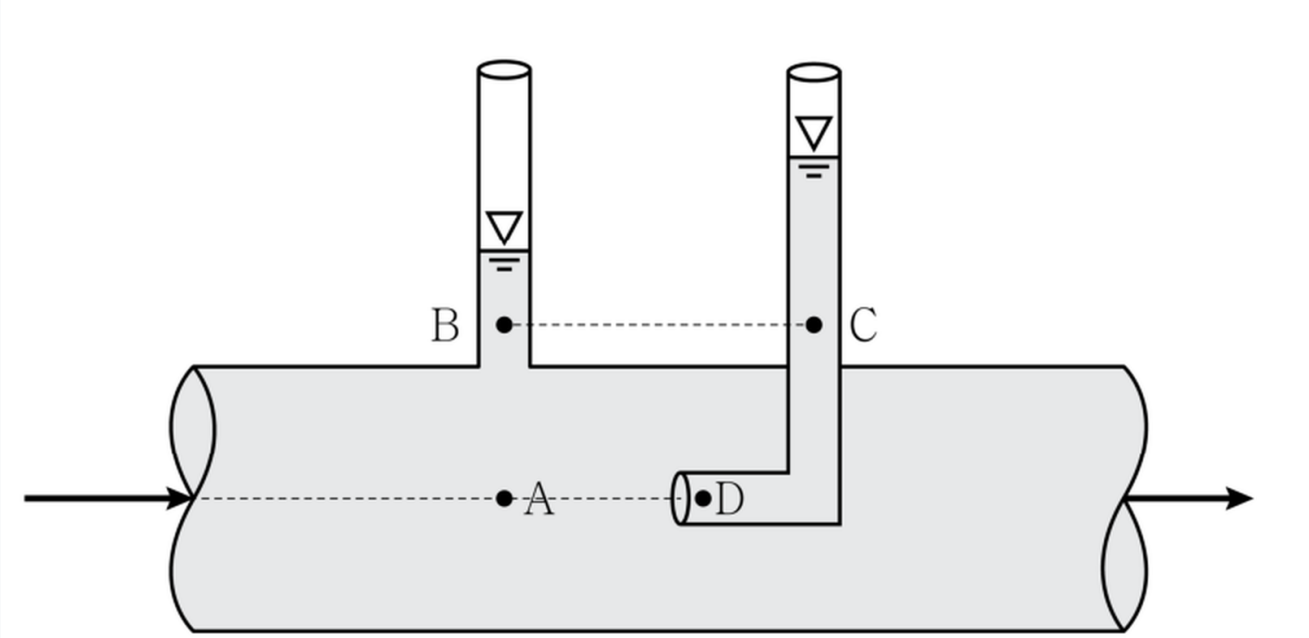
합리식 관련 선지에서는 먼저 유출계수가 직접유출의 비율인지 확인하고, 여러 토지이용이 섞인 경우 대표값 산정이 면적가중평균인지 점검하면 된다. 토지이용별 면적 정보가 주어지면 단순평균이 아니라 가중평균으로 판단한다.

암기 포인트

합리식 유출계수는 일정값 가정, 여러 토지이용은 면적가중평균, 불투수할수록 큰 값이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같은 관에 이상유체가 흐를 경우 (A), (B), (C), (D) 중 전수두(total head)가 나머지 셋과 다른 지점은?



① A

② B

③ C

④ D

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 관 내 이상유체에서 전수두 $H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$와 정수두 $z + \frac{p}{\gamma}$를 구별하고, 피에조미터와 피토관에서 어느 값이 읽히는지를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: A는 주관 내부의 흐름점이므로 전수두가 $z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$이다. 이상유체에서는 손실이 없으므로 이 전수두는 정체점 D와 피토관 내부의 C와 같게 유지된다. 전수두가 다른 지점은 A가 아니라 B이다.
② O: B는 주관에 연결된 피에조미터 내부의 정지 유체점이므로 속도수두가 0이다. 따라서 B의 전수두는 $z_B + \frac{p_B}{\gamma}$로서 주관의 정수두만 나타낸다. 주관 내부 흐름의 전수두보다 $\frac{V^2}{2g}$만큼 작으므로 나머지 셋과 다르다.
③ X: C는 D와 연결된 피토관 내부의 정지 유체점이다. 피토관 입구 D는 정체점이므로 속도가 0이 되고 압력은 정체압이 된다. 따라서 C가 나타내는 수두는 주관 흐름의 전수두와 같다. 전수두가 다른 지점은 C가 아니라 B이다.
④ X: D는 흐름을 정면으로 받는 피토관 입구의 정체점이다. 이 점에서는 $V = 0$이지만 압력수두가 그만큼 증가하여 전수두는 보존된다. 따라서 D의 전수두는 A 및 C와 같고, 다른 지점은 D가 아니라 B이다.

오답 포인트

수직관의 수면 높이만 보고 B와 C를 둘 다 같은 종류의 압력관으로 보면 틀리기 쉽다. B는 피에조미터라서 정수두를 읽고, C-D 계통은 피토관이라서 정체압을 통해 전수두를 읽는다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

관에 꽂힌 관이 단순 측압공이면 정수두, 유동을 정면으로 받는 피토관이면 전수두를 읽는다고 판단한다. 흐름점에서는 $z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$, 정지한 관내 유체에서는 $z + \frac{p}{\gamma}$를 먼저 비교하면 된다.

암기 포인트

피에조미터는 정수두, 피토관은 전수두를 나타낸다.

NoteBase

문 15. 유역면적이 5km^2, 유출계수가 0.7인 어떤 유역의 강우강도식이 $I = \frac{4,500}{t+30}$ (t는 분)이다. 해당 유역의 도달시간이 20분일 때, 합리식에 의한 첨두홍수량$[\text{m}^3/\text{s}]$은?

① 85.5

② 87.5

③ 89.5

④ 91.5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 합리식 $Q = 0.278CIA$에 도달시간에서 구한 강우강도를 대입해 첨두홍수량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 유역면적 $A = 5km^2$, 유출계수 $C = 0.7$, 도달시간 $t = 20$분, 강우강도식 $I = \frac{4500}{t+30}$이다.
구해야 할 값: 합리식에 의한 첨두홍수량 m^3/s이다.
주의할 조건: 강우강도는 도달시간을 지속시간으로 보아 계산하고, 합리식은 I를 mm/h, A를 km^2로 둘 때 계수 0.278을 사용한다.

사용할 공식

$Q = 0.278CIA$
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 유출계수, 유역면적, 도달시간과 강우강도식을 함께 주었으므로 합리식의 직접 적용 상황이다.

계산 과정

1. 도달시간 20분을 대입하면 강우강도는 $I = \frac{4500}{20+30} = \frac{4500}{50} = 90mm/h$ 이다.
2. 이를 합리식에 대입하면 $Q = 0.278 \times 0.7 \times 90 \times 5$ 이다.
3. 계산하면 $Q = 87.57m^3/s \approx 87.5m^3/s$ 이므로 첨두홍수량은 약 $87.5m^3/s$이다.

선지 판단

1번 X: 계산값은 $87.5m^3/s$이므로 $85.5m^3/s$는 맞지 않는다. 틀린 표현은 수치 85.5이고, 올바르게는 87.5이다.
2번 O: 합리식으로 계산한 첨두홍수량이 $87.57m^3/s$이고 보기값으로는 $87.5m^3/s$가 대응되므로 옳다.
3번 X: 계산값보다 $2.0m^3/s$ 크게 제시한 값이다. 틀린 표현은 수치 89.5이고, 올바르게는 87.5이다.
4번 X: 계산값보다 $4.0m^3/s$ 크게 제시한 값이다. 틀린 표현은 수치 91.5이고, 올바르게는 87.5이다.

NoteBase

오답 포인트

도달시간으로 먼저 강우강도 I를 구하지 않고 바로 수치를 대입하거나, 합리식의 계수 0.278을 빠뜨리면 오답이 된다. 보기 차이가 크지 않으므로 마지막 반올림 자리까지 계산을 유지해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

합리식 문제는 도달시간으로 강우강도를 계산한 뒤, $Q = 0.278CIA$에 C, I, A를 순서대로 대입하고 마지막에 보기 단위와 반올림 자리를 맞춰 판단한다.

암기 포인트

합리식은 t_c로 I를 정하고, 첨두홍수량은 $Q = 0.278CIA$로 계산한다.

NoteBase

문 16. 5시간 연속 관측된 시간별 강우량이 각각 4, 10, 20, 10, 6 mm일 때, Φ-index [mm/hr]는? (단, 이 강우로 인한 직접유출률은 50%로 가정한다)

① 5.05

② 5.25

③ 5.45

④ 5.65

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 Φ-index를 이용해 총강우량 중 직접유출량에 해당하는 유효우량을 맞추는 계산형 문제이다.

조건 정리

주어진 시간별 강우량은 5시간 동안 $4, 10, 20, 10, 6 mm/hr$이다.
총강우량은 $50mm$이다.
직접유출률이 50%이므로 유효우량은 $25mm$이다.
Φ-index보다 작은 강우강도 구간은 유효우량에 포함되지 않는다.

사용할 공식

직접유출에 해당하는 유효우량은 $\sum \max(I - \Phi, 0)\Delta t$이다.
이 문제는 시간 간격이 모두 1시간이므로 각 시간대에서 Φ-index를 초과한 부분만 더하면 된다.
또한 직접유출률 50% 조건으로 먼저 목표 유효우량 $25mm$를 정해 놓고, 그 값과 같아지도록 Φ를 구한다.

계산 과정

1. 총강우량은 $4 + 10 + 20 + 10 + 6 = 50mm$이다.
2. 직접유출률이 50%이므로 유효우량은 $50 \times 0.5 = 25mm$이다.
3. Φ는 $4mm/hr$보다 크고 $6mm/hr$보다 작아야 네 개의 시간대 $10, 20, 10, 6 mm/hr$만 초과우량을 만든다.
4. 따라서 $(10 - \Phi) + (20 - \Phi) + (10 - \Phi) + (6 - \Phi) = 25$
5. 정리하면 $46 - 4\Phi = 25 \Rightarrow 4\Phi = 21 \Rightarrow \Phi = 5.25 mm/hr$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: $\Phi = 5.05mm/hr$이면 유효우량은
$(10 - 5.05) + (20 - 5.05) + (10 - 5.05) + (6 - 5.05) = 25.8mm$가 되어 $25mm$보다 커진다. 틀린 값이며, 올바르게는 $5.25mm/hr$이다.
2번 O: $\Phi = 5.25mm/hr$이면 유효우량은
$(10 - 5.25) + (20 - 5.25) + (10 - 5.25) + (6 - 5.25) = 25mm$가 되어 직접유출률 50% 조건과 정확히 일치한다.
3번 X: $\Phi = 5.45mm/hr$이면 유효우량은 $24.2mm$가 되어 부족하다. 틀린 값이며, 올바르게는 $5.25mm/hr$이다.
4번 X: $\Phi = 5.65mm/hr$이면 유효우량은 $23.4mm$가 되어 더 부족하다. 틀린 값이며, 올바르게는 $5.25mm/hr$이다.

오답 포인트

직접유출률 50%를 손실률 50%와 혼동하거나, Φ-index보다 작은 $4mm/hr$ 구간까지 식에 넣으면 오답이 나온다. 이 문항의 함정은 전체 5시간을 모두 같은 방식으로 더하는 실수에 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 총강우량에서 목표 유효우량을 구한 뒤, Φ보다 큰 시간대만 남겨 $\sum(I - \Phi)$ 형태의 1차식으로 만든다. 마지막에는 구한 Φ를 다시 대입해 유효우량이 목표값과 정확히 일치하는지 검산한다.

암기 포인트

Φ-index는 유효우량이 되기 시작하는 기준 손실강도이며, 계산은 항상 초과강우 구간만 합산한다.

NoteBase

문 17. 다음 중 개수로 흐름에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 등류는 공간적으로 상류와 하류 사이에서 흐름특성이 변하지 않는 흐름이다.

② 사류는 레이놀즈(Reynolds) 수가 4,000 이상인 흐름이다.

③ 한계류는 해당 수로에서의 유속이 최대인 흐름이다.

④ 층류는 시간에 따른 흐름특성의 변화가 없는 흐름이다.

정답 1번

출제 포인트

개수로 흐름의 분류 기준을 구분하는 문제이다. 등류는 공간 기준, 정상류는 시간 기준, 사류와 한계류는 Froude 수 기준, 층류와 난류는 Reynolds 수 기준으로 판정한다.

핵심 개념

등류는 흐름방향을 따라 수심과 유속 같은 흐름특성이 변하지 않는 흐름이다.
정상류는 한 지점에서 시간에 따라 흐름특성이 변하지 않는 흐름이다.
사류는 Froude 수가 1보다 큰 흐름이고, 한계류는 Froude 수가 1인 경계 상태이다.
층류는 유체가 층을 이루어 질서 있게 흐르는 상태이며 Reynolds 수가 작은 구간에서 나타난다.

선지별 해설

① O: 등류는 공간적으로 상류와 하류 사이에서 수심, 유속, 단면적 같은 흐름특성이 거의 일정한 흐름이므로 옳다.
② X: 틀린 부분은 "Reynolds 수가 4,000 이상"이다. 이는 난류의 분류 기준에 해당하고, 사류는 Reynolds 수가 아니라 Froude 수가 1보다 큰 흐름이다.
③ X: 틀린 부분은 "유속이 최대"이다. 한계류는 유속의 최대 여부로 정의하지 않고 Froude 수가 1인 상태이며, 주어진 유량에서 비에너지가 최소가 되는 흐름이다.
④ X: 틀린 부분은 "시간에 따른 흐름특성의 변화가 없는"이다. 이는 층류가 아니라 정상류의 설명이고, 층류는 유체가 층을 이루며 점성 지배로 흐르는 상태이다.

오답 포인트

사류와 층류를 모두 유동 분류라고만 기억하면 Froude 수 기준과 Reynolds 수 기준을 섞기 쉽다. 또한 등류와 정상류는 모두 변화가 없다는 표현이 들어가므로 공간적으로 일정한지, 시간적으로 일정한지 구분하지 않으면 ①과 ④를 혼동하기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

개수로 흐름 문제는 먼저 분류 축을 확인하면 된다. 공간 변화가 없으면 등류, 시간 변화가 없으면 정상류, Froude 수가 1보다 크면 사류, Froude 수가 1이면 한계류, Reynolds 수가 작으면 층류로 판단한다.

암기 포인트

등류는 공간 일정, 정상류는 시간 일정, 사류와 한계류는 Froude 수, 층류와 난류는 Reynolds 수 기준이다.

NoteBase

문 18. 10년 빈도로 설계된 하천 제방이 설치된 지역이 있다. 이 지역 주민이 향후 3년 동안 한 번도 하천범람으로 피해를 입지 않을 확률[%]은?

① 27.0

② 33.6

③ 67.3

④ 72.9

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 빈도 10년의 연 초과확률을 이용해 향후 3년 동안 무피해 확률을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 빈도 10년 홍수이므로 연간 하천범람 발생확률은 $p = 1/10 = 0.1$이다.
구해야 할 값: 향후 3년 동안 한 번도 피해를 입지 않을 확률이다.
주의할 조건: 묻는 값은 '피해를 입지 않을 확률'이므로 범람확률의 여사건을 3년 연속으로 곱해야 한다.

사용할 공식

사용 공식은 P(3년간 무피해)=(1-p)^3이다.
이 공식을 쓰는 이유: 빈도 10년은 한 해에 설계규모를 초과하는 홍수가 날 확률이 0.1이라는 뜻이고, 무피해는 그 해에 초과홍수가 나지 않는 경우이므로 연간 무피해 확률 0.9를 3년 연속으로 적용한다.

계산 과정

1. 연간 범람확률은 $p = 1/10 = 0.1$이다.
2. 연간 무피해 확률은 $1 - p = 0.9$이다.
3. 향후 3년 동안 계속 무피해일 확률은 $0.9^3 = 0.729$이다.
4. 백분율로 바꾸면 72.9%이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 27.0%는 구하려는 값이 아니다. $1 - 0.9^3 = 0.271$로 계산되는 값은 향후 3년 동안 적어도 한 번 피해를 입을 확률에 가깝다. 이 선지를 옳게 고치면 72.9%이다.
2번 X: 빈도 10년을 연간 확률 0.1로 바꾸지 못하면 나오는 오답이다. 무피해 확률은 0.9^3로 계산해야 하므로 값은 33.6%가 아니라 72.9%이다.
3번 X: 67.3%도 0.9^3 계산값과 일치하지 않는다. 이 문항의 핵심은 연간 무피해 확률 0.9를 3번 곱하는 것이므로 올바른 값은 72.9%이다.
4번 O: 연간 무피해 확률이 0.9이므로 3년 동안 무피해 확률은 $0.9^3 = 0.729$, 즉 72.9%이다.

오답 포인트

빈도 10년을 '10년마다 반드시 1번 발생'으로 받아들이거나, 3년 무피해 확률 대신 여사건인 '적어도 1번 피해 확률'을 계산하면 1번처럼 틀린다. 계산 전에 무엇의 확률을 묻는지부터 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

빈도 문제는 먼저 연 초과확률을 $1/T$로 바꾸고, 묻는 사건이 발생확률인지 비발생확률인지 구분한 뒤, 여러 해 확률이면 같은 사건의 연속확률을 곱으로 계산한다.

암기 포인트

빈도 T년이면 연 초과확률은 $1/T$, n년 무사고 확률은 $(1 - 1/T)^n$이다.

NoteBase

문 19. 반지름이 2m인 원통에 3m 깊이로 물이 채워져 있다. 원통이 연직 방향의 중심축을 기준으로 회전운동하여, 물이 넘치지 않은 상태로 수면이 평형상태의 회전포물면을 이루고 있다. 이때, 원통 중심부의 수심이 2.7m라면, 원통 벽면에서의 수심[m]은? (단, 중력가속도는 $10m/s^2$으로 가정한다)

① 3.3

② 3.5

③ 3.7

④ 3.9

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 회전포물면 수면에서 수심 분포가 r^2에 비례한다는 성질을 이용해 벽면 수심을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 원통 반지름은 $2m$, 정지 상태 평균 수심은 $3m$, 회전 후 중심 수심은 $2.7m$이다.
구해야 할 값: 원통 벽면에서의 수심이다.
주의할 조건: 물이 넘치지 않으므로 전체 물의 부피, 즉 단면 평균 수심은 회전 전후에 같아야 한다.

사용할 공식

회전포물면의 수면은 $h(r) = h_c + kr^2$로 둘 수 있다.
원형 단면에서 r^2의 면적평균은 $R^2/2$이므로 평균 수심은
$\bar{h} = h_c + \frac{kR^2}{2} = \frac{h_c + h_R}{2}$
가 된다.
이 공식을 쓰는 이유: 자유수면이 중심에서 가장 낮고 벽면으로 갈수록 포물선 형태로 높아지므로, 평균 수심을 중심 수심과 벽면 수심의 산술평균으로 바로 연결할 수 있다.

계산 과정

1. 회전 전 물의 평균 수심은 $3m$이므로 회전 후에도 $\bar{h} = 3m$이다.
2. 중심 수심을 $h_c = 2.7m$, 벽면 수심을 h_R라 두면
$3 = \frac{2.7 + h_R}{2}$
이다.
3. 따라서
$h_R = 2 \times 3 - 2.7 = 3.3m$
이 된다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과 벽면 수심은 3.3m이므로 맞다.
2번 X: 3.5m는 계산값보다 0.2m 크다. 틀린 표현은 벽면 수심을 3.5m로 본 점이며, 올바르게는 3.3m이다.
3번 X: 3.7m는 평균 수심 보존을 무시한 값이다. 틀린 표현은 벽면 수심을 3.7m로 본 점이며, 올바르게는 3.3m이다.
4번 X: 3.9m는 중심 수심 감소량을 과대하게 벽면에 더한 값이다. 틀린 표현은 벽면 수심을 3.9m로 본 점이며, 올바르게는 3.3m이다.

오답 포인트

회전하면 벽면 수심만 커진다고 보고 평균 수심 보존을 놓치기 쉽다. 이 문제의 함정은 각 점의 수심을 직접 구하려고 하다가, 단면 평균 수심이 회전 전후 동일하다는 가장 쉬운 조건을 놓치는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

회전수면 문제는 먼저 물의 부피 보존 여부를 확인하고, 자유수면이 포물선이면 평균 수심이 중심과 벽면 수심의 산술평균이 된다는 점으로 바로 식을 세운다.

암기 포인트

원형 용기 회전포물면은 평균 수심 = 중심 수심과 벽면 수심의 평균이다.

NoteBase

문 20. 우량관측소 J의 우량계 고장으로 결측이 발생하였다. 결측기간 동안 인접 관측소 A, B, C에 다음과 같은 강수량이 측정되었다. 정상 연강수량 비율법을 이용하여 산정한 결측기간 동안 우량관측소 J의 강수량[mm]은?

우량관측소 J, 강수량 -, 정상 연평균강수량 1,500 mm
우량관측소 A, 강수량 105 mm, 정상 연평균강수량 1,050 mm
우량관측소 B, 강수량 85 mm, 정상 연평균강수량 1,700 mm
우량관측소 C, 강수량 110 mm, 정상 연평균강수량 550 mm

① 100.0
② 120.5
③ 175.0
④ 180.5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 정상연강수량 비율법으로 결측 관측소 J의 강수량을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 강수량: A는 $105mm$, B는 $85mm$, C는 $110mm$이다.
- 정상 연평균강수량: J는 $1{,}500mm$, A는 $1{,}050mm$, B는 $1{,}700mm$, C는 $550mm$이다.
- 구해야 할 값: 결측기간 동안 우량관측소 J의 강수량이다.

사용할 공식

정상연강수량 비율법은 $P_J = \frac{1}{3}\left(\frac{N_J}{N_A}P_A + \frac{N_J}{N_B}P_B + \frac{N_J}{N_C}P_C\right)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 결측 관측소와 인접 관측소의 정상 연평균강수량이 서로 달라서, 각 관측소의 실제 강수량을 결측 관측소의 평년 강수 수준에 맞게 비율 보정해야 하기 때문이다.

계산 과정

각 관측소 값을 J의 정상 연평균강수량 기준으로 환산하면
$\frac{1{,}500}{1{,}050} \times 105 = 150$, $\frac{1{,}500}{1{,}700} \times 85 = 75$, $\frac{1{,}500}{550} \times 110 = 300$이 된다.
따라서 결측 강수량은 $P_J = \frac{150 + 75 + 300}{3} = \frac{525}{3} = 175$이므로 $175.0mm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 100.0mm는 (105 + 85 + 110)/3인 단순산술평균값이다. 이 문제는 정상연강수량 비율법을 적용해야 하므로 틀린 값이며, 올바르게는 175.0mm이다.
② X: 120.5mm는 정상연강수량 비율법 계산 결과와 일치하지 않는다. 각 관측소 강수량에 N_J/N_i를 곱해 보정한 뒤 평균해야 하므로 틀린 값이며, 올바르게는 175.0mm이다.
③ O: 정상연강수량 비율법으로 계산한 결과가 정확히 175.0mm이므로 옳다.
④ X: 180.5mm는 일부 관측소에서 비율의 분자와 분모를 거꾸로 적용하는 식의 계산오류로 나올 수 있다. 정상연강수량 비율법은 모든 항에 N_J/N_i를 적용해야 하므로 틀린 값이며, 올바르게는 175.0mm이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 세 관측소 강수량을 바로 평균하는 것과 비율 N_J/N_i를 N_i/N_J로 거꾸로 쓰는 것이다. 정상연강수량 비율법은 먼저 각 관측소 강수량을 결측 관측소 J의 평년 수준으로 환산한 뒤 평균해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

결측 강수량 문제에서 정상연강수량이 함께 주어지면 먼저 단순산술평균법인지 정상연강수량 비율법인지 구분한다. 비율법이면 각 항을 N_결측/N_인접으로 보정한 뒤 평균하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

정상연강수량 비율법은 인접 관측값에 N_결측/N_인접를 곱해 같은 평년 기준으로 맞춘 뒤 평균하는 방법이다.

NoteBase

문 21. 중력이 지배적인 힘이 되는 개수로 모형 실험을 하고자 한다. 원형의 길이는 L_p, 모형의 길이는 L_m이다. 원형의 유량이 Q_p일 때, 모형의 유량은? (단, 원형과 모형의 중력가속도는 동일하다고 가정한다)

① $Q_p\left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{0.5}$
② $Q_p\left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{1.0}$
③ $Q_p\left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{1.5}$
④ $Q_p\left(\frac{L_m}{L_p}\right)^{2.5}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 중력이 지배적인 개수로 모형실험에서 프루드 상사를 적용하여 유량 축척을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 원형 길이 L_p, 모형 길이 L_m, 원형 유량 Q_p이다.
구해야 할 값: 모형 유량 Q_m이다.
주의할 조건: 중력이 지배적이고 원형과 모형의 중력가속도는 같으므로 레이놀즈 상사가 아니라 프루드 상사를 쓴다.

사용할 공식

프루드수는 $Fr = V/\sqrt{gL}$ 이다. 상사조건에서 $Fr_p = Fr_m$ 이므로 $V \propto \sqrt{L}$ 가 된다. 단면적은 기하상사에서 $A \propto L^2$ 이므로 유량은 $Q = AV \propto L^2 \cdot L^{0.5} = L^{2.5}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 중력이 지배적이라고 했으므로 자유수면 흐름의 대표 상사인 프루드 상사를 적용해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 프루드 상사로부터 속도비는 $V_m/V_p = (L_m/L_p)^{0.5}$ 이다.
2. 기하상사로부터 단면적비는 $A_m/A_p = (L_m/L_p)^2$ 이다.
3. 따라서 유량비는 $Q_m/Q_p = (A_m/A_p)(V_m/V_p) = (L_m/L_p)^2(L_m/L_p)^{0.5} = (L_m/L_p)^{2.5}$ 이다.
4. 정리하면 $Q_m = Q_p(L_m/L_p)^{2.5}$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $(L_m/L_p)^{0.5}$ 는 속도비만 반영한 값이다. 유량은 단면적과 속도를 함께 곱해야 하므로 틀리다. 틀린 표현은 지수를 0.5 로 본 점이고, 올바르게는 $Q_m = Q_p(L_m/L_p)^{2.5}$ 이다.
② X: $(L_m/L_p)^{1.0}$ 는 길이비를 선형으로만 본 값이다. 유량에는 면적의 2 차 영향과 속도의 0.5 차 영향이 함께 들어가므로 틀리다. 올바르게는 지수가 2.5 이어야 한다.
③ X: $(L_m/L_p)^{1.5}$ 는 속도비 0.5 에 단면을 1차원처럼 잘못 합친 값이다. 단면적은 L^2 에 비례하므로 부족하다. 올바르게는 $2 + 0.5 = 2.5$ 가 되어야 한다.
④ O: 프루드 상사에서 속도비는 $(L_m/L_p)^{0.5}$, 단면적비는 $(L_m/L_p)^2$ 이므로 유량비는 $(L_m/L_p)^{2.5}$ 이다. 따라서 $Q_m = Q_p(L_m/L_p)^{2.5}$ 가 맞다.

오답 포인트

중력이 지배적이라는 문구를 놓치고 속도비만 적용하거나, 유량을 길이의 1차 또는 2차 비례로 단순화하면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 유량이 면적과 속도의 곱이라는 점을 끝까지 결합하지 않는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

모형실험 문제는 먼저 지배력이 무엇인지 확인한 뒤 상사법칙을 고른다. 그 다음 구하려는 물리량을 길이, 면적, 속도 같은 기본 축척의 곱으로 분해하여 지수를 합치면 된다.

암기 포인트

프루드 상사 자유수면 흐름에서 속도는 $L^{0.5}$, 면적은 L^2, 유량은 $L^{2.5}$ 에 비례한다.

NoteBase

문 22. 어떤 유역에 아래와 같은 유효강우가 발생하였다. 이 유역의 1시간 단위도(1cm 강우)의 종거가 다음과 같을 때, 직접유출의 최대값 [m^3/s]은?

<유효강우>

시간(hr)	1	2	3	4
강우량(mm)	5	10	15	5

<1시간 단위도>

시간(hr)	1	2	3	4	5	6
유량(m^3/s)	10	100	200	150	100	50

① 275

② 430

③ 450

④ 550

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 1시간 단위도와 시간대별 유효강우를 중첩하여 직접유출수문곡선의 최대유량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 유효강우는 시간순으로 5, 10, 15, 5mm이다.
1시간 단위도는 1cm 강우 기준이므로 유효강우를 0.5, 1.0, 1.5, 0.5cm로 바꾸어 적용한다.
단위도 유량은 시간순으로 10, 100, 200, 150, 100, 50[m^3/s]이다.

사용할 공식

직접유출수문곡선의 각 시각 유량은 유효강우 깊이와 같은 지속시간 단위도의 중첩합으로 구한다.
$Q_t = \sum P_i U_{t-i+1}$
여기서 P_i는 각 시간대 유효강우 (cm), U는 1cm 단위도 유량이다.
이 문제는 1시간 유효강우가 연속해서 주어졌으므로 각 강우블록이 만든 단위도 응답을 시간축에 맞춰 더하는 중첩법을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

시간별 직접유출을 합성하면 다음과 같다.
1시간째: $0.5 \times 10 = 5$
2시간째: $0.5 \times 100 + 1.0 \times 10 = 60$
3시간째: $0.5 \times 200 + 1.0 \times 100 + 1.5 \times 10 = 215$
4시간째: $0.5 \times 150 + 1.0 \times 200 + 1.5 \times 100 + 0.5 \times 10 = 430$
5시간째: $0.5 \times 100 + 1.0 \times 150 + 1.5 \times 200 + 0.5 \times 100 = 550$
6시간째: $0.5 \times 50 + 1.0 \times 100 + 1.5 \times 150 + 0.5 \times 200 = 450$
7시간째: $1.0 \times 50 + 1.5 \times 100 + 0.5 \times 150 = 275$
8시간째: $1.5 \times 50 + 0.5 \times 100 = 125$
9시간째: $0.5 \times 50 = 25$
따라서 최대 직접유출은 $550[m^3/s]$이다.

선지별 해설

① X: 275는 합성수문곡선의 7시간째 유량일 뿐 최댓값이 아니다. 틀린 표현은 '최댓값이 275'이고, 올바르게는 '7시간째 유량이 275이며 최대 직접유출은 550'이다.
② X: 430은 4시간째 유량이다. 틀린 표현은 '최댓값이 430'이고, 올바르게는 '4시간째 유량은 430이지만 이후 5시간째에 550까지 증가한다'이다.
③ X: 450은 6시간째 유량이다. 틀린 표현은 '최댓값이 450'이고, 올바르게는 '6시간째 유량은 450이며 최대값은 그보다 앞선 5시간째의 550'이다.
④ O: 중첩 계산 결과 5시간째 유량이 $550[m^3/s]$로 가장 크므로 옳다.

오답 포인트

오답은 중간 시각의 유량을 계산한 뒤 그 값을 바로 최대값으로 착각할 때 잘 나온다. 특히 mm를 cm로 바꾸지 않거나, 4시간째와 6시간째 값만 보고 정점을 확정하면 430이나 450을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

단위도 합성 문제는 먼저 유효강우 단위를 단위도 기준강우량과 맞춘 뒤, 각 강우블록의 단위도 응답을 시간축에 한 칸씩 밀어 더한다. 그다음 합성된 전체 유량열에서 최댓값만 고르면 된다.

암기 포인트

단위도 문제의 핵심은 '강우단위 일치 후 중첩합, 마지막에 최대값 확인'이다.

NoteBase

문 23. 어떤 유역의 토지이용상태 및 토양군별 유출곡선지수가 다음 표와 같다. 이 유역에 203.2 mm의 비가 내렸다면 NRCS 방법으로 산정한 유효우량[mm]은? (단, 초기손실우량은 토양의 최대잠재보류수량의 20 %로 가정한다)

토지이용상태	토양군	유출곡선지수	면적(km^2)
초지	A	34	5
경작지	B	70	3
주거지역	B	64	2

① 48.6

② 49.2

③ 50.8

④ 59.3

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 면적가중 유출곡선지수 CN를 구한 뒤 NRCS 방법으로 최대잠재보유수량 S, 초기손실량 I_a, 유효우량 Q를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 초지: $CN = 34$, 면적 $5km^2$
- 경작지: $CN = 70$, 면적 $3km^2$
- 주거지역: $CN = 64$, 면적 $2km^2$
- 강우량 $P = 203.2mm$

구해야 할 값:
- 유효우량 Q

주의할 조건:
- 유출곡선지수는 면적가중 평균을 사용한다.
- 초기손실량은 $I_a = 0.2S$이다.

NoteBase

사용할 공식

면적가중 유출곡선지수는
$CN_w = \frac{\sum(CN_i A_i)}{\sum A_i}$
이다.

최대잠재보유수량과 초기손실량, 유효우량은
$S = \frac{25400}{CN_w} - 254$
$I_a = 0.2S$
$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (P > I_a)$
이다.

이 공식을 쓰는 이유:
문제에서 NRCS 방법과 초기손실량 비율 20%를 직접 제시했으므로, 먼저 유역의 대표 CN을 면적가중으로 구하고 그 값으로 S, I_a, Q를 순서대로 계산해야 한다.

계산 과정

1. 면적가중 유출곡선지수는
$CN_w = \frac{34 \times 5 + 70 \times 3 + 64 \times 2}{5 + 3 + 2} = \frac{508}{10} = 50.8$
이다.
2. 최대잠재보유수량은
$S = \frac{25400}{50.8} - 254 = 500 - 254 = 246mm$
이다.
3. 초기손실량은
$I_a = 0.2S = 0.2 \times 246 = 49.2mm$
이다.
4. 유효우량은
$Q = \frac{(203.2 - 49.2)^2}{203.2 - 49.2 + 246} = \frac{154^2}{400} = 59.29mm$
이므로 약 $59.3mm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- NRCS 식으로 계산한 유효우량은 약 59.3mm이므로 48.6mm는 맞지 않는다.
- 올바르게는 유효우량이 59.3mm이다.

② X
- 49.2mm는 유효우량이 아니라 초기손실량 I_a 값이다.
- 올바르게는 초기손실량이 49.2mm이고, 유효우량은 59.3mm이다.

③ X
- 50.8은 유효우량이 아니라 면적가중 유출곡선지수 CN_w 값이다.
- 올바르게는 $CN_w = 50.8$이고, 유효우량은 59.3mm이다.

④ O
- 계산 결과 유효우량 $Q \approx 59.29mm$이므로 반올림하면 59.3mm이다.
- 따라서 4번이 정답이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 중간 계산값을 최종 유효우량으로 착각하는 데 있다. ②의 49.2mm는 초기손실량이고 ③의 50.8은 면적가중 CN이므로, $CN \rightarrow S \rightarrow I_a \rightarrow Q$ 순서를 끝까지 진행해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

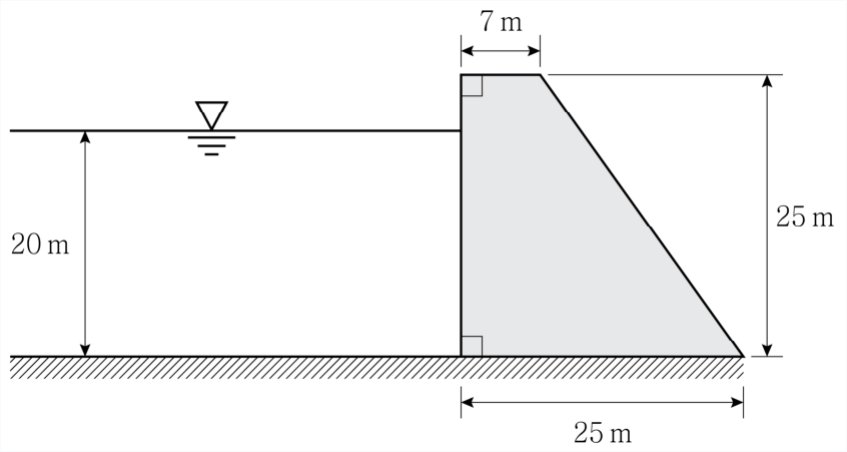
표에서 토지이용별 CN과 면적이 함께 주어지면 먼저 면적가중 CN을 구한다. 그다음 S, I_a, Q 순서로 계산하고, 마지막에 단위를 mm로 확인하면 된다.

암기 포인트

NRCS 계산은 $CN \rightarrow S = 25400/CN - 254 \rightarrow I_a = 0.2S \rightarrow Q$ 순서이다.

NoteBase

문 24. 그림과 같이 단위중량 $30kN/m^3$인 콘크리트 댐에 물이 $20m$ 깊이로 차 있다. 이때, 콘크리트 댐이 안정하기 위한 댐 바닥과 불투수성 기초암반 사이의 마찰계수의 최솟값은? (단, 물과 댐의 폭은 같고, 수압에 의한 댐의 수평방향 이동(활동)만 고려하며, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$, 결과값은 소수점 셋째 자리에서 반올림한다)



① 0.17

② 0.25

③ 0.33

④ 0.37

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 댐의 자중에 의한 마찰저항과 수평 수압을 비교하여 활동에 대한 최소 마찰계수를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- 콘크리트 단위중량: $30kN/m^3$
- 물의 단위중량: $10kN/m^3$
- 수심: $20m$
- 댐 높이: $25m$
- 댐 상단 폭: $7m$
- 댐 바닥 폭: $25m$

구해야 할 값:
- 댐 바닥과 기초암반 사이의 최소 마찰계수

주의할 조건:
- 수압에 의한 수평방향 이동만 고려하므로 활동에 대한 저항은 자중에 의한 마찰력만 본다.
- 물과 댐의 폭은 같으므로 단위 폭 기준으로 계산해도 된다.

사용할 공식

수평 수압은 $P = \frac{1}{2}\gamma_w h^2$이다.
댐 자중은 $W = \gamma_c A$이다.
활동에 대한 최소 마찰계수는 $\mu_{min} = \frac{P}{W}$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
정지 마찰저항의 최대값은 μW이고, 막 미끄러지지 않는 한계상태에서 $\mu W = P$가 되므로 최소 마찰계수는 수평 수압을 자중으로 나눈 값이 된다.

계산 과정

1. 댐 단면적을 구한다.
$A = \frac{(7+25)}{2} \times 25 = 400(m^2)$
2. 댐의 자중을 구한다.
$W = 30 \times 400 = 12000(kN)$
3. 수심 $20m$에 대한 수평 수압을 구한다.
$P = \frac{1}{2} \times 10 \times 20^2 = 2000(kN)$
4. 최소 마찰계수를 구한다.
$\mu_{min} = \frac{P}{W} = \frac{2000}{12000} = 0.1667$
소수점 셋째 자리에서 반올림하면 0.17이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과 최소 마찰계수는 0.1667이므로 반올림하면 0.17이 된다.
② X: 틀린 표현은 최소 마찰계수를 0.25로 본 부분이다. 올바르게는 $\mu_{min} = 0.17$이다. 이 값은 댐 단면적을 작게 잡거나 자중을 과소평가하면 나올 수 있는 과대값이다.
③ X: 틀린 표현은 최소 마찰계수를 0.33으로 본 부분이다. 올바르게는 $\mu_{min} = 0.17$이다. 이 값은 수압은 크게 잡고 자중은 충분히 반영하지 않은 경우의 과대평가이다.
④ X: 틀린 표현은 최소 마찰계수를 0.37로 본 부분이다. 올바르게는 $\mu_{min} = 0.17$이다. 활동 검토에서는 수평 수압과 자중에 의한 마찰저항을 비교해야 하므로 이 값은 지나치게 크게 산정된 오답이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 댐 단면적을 삼각형으로만 보거나, 상단 폭 $7m$을 누락하여 자중을 작게 계산하는 점이다. 또 수압은 수심 $20m$에 대한 삼각분포이므로 $\frac{1}{2}\gamma h^2$를 써야 하는데, 이를 직사각형 분포처럼 계산하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

활동 검토 문제는 먼저 수평 외력인 수압을 구하고, 다음에 저항력의 바탕이 되는 자중을 단면적으로 계산한 뒤, 마지막에 _min=수평외력수직저항력 형태로 정리하면 된다.

암기 포인트

활동 한계는 $\mu W = P$이고, 정수압은 $\frac{1}{2}\gamma h^2$, 댐 자중은 단면적 × 단위중량이다.

NoteBase

문 25. 한계수심이 1.5 m, 등류수심이 3.2 m인 하천의 측정 수심이 1.8 m였다면 수면곡선의 형태는?

① M1

② M2

③ S1

④ S2

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 한계수심 y_c, 등류수심 y_n, 실제 수심 y의 크기 관계로 하상경사와 수면곡선 형상을 판정하는 문제이다.

조건 정리

한계수심 $y_c = 1.5m$이다.
등류수심 $y_n = 3.2m$이다.
측정 수심 $y = 1.8m$이다.

사용할 공식

수면곡선 판정 규칙은 y_n과 y_c를 먼저 비교해 경사 종류를 정하고, 그다음 y의 위치로 영역 번호를 정하는 방식이다.
$y_n > y_c$이면 완경사이므로 M형이고, $y_n < y_c$이면 급경사이므로 S형이다.
완경사에서는 $y > y_n$이면 M1, $y_c < y < y_n$이면 M2, $y < y_c$이면 M3이다.

계산 과정

1. $y_n = 3.2m$와 $y_c = 1.5m$를 비교하면 $y_n > y_c$이므로 하상은 완경사이다.
2. 따라서 수면곡선의 첫 글자는 M이다.
3. 실제 수심 $y = 1.8m$는 $1.5m < 1.8m < 3.2m$를 만족하므로 완경사 영역 2에 해당한다.
4. 따라서 수면곡선의 형태는 M2이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 M1: X. M1은 완경사에서 $y > y_n$일 때의 곡선이다. 이 문제의 실제 수심은 $1.8m$로 $y_n = 3.2m$보다 작다. 틀린 표현은 영역 1 판정이며, 올바르게는 완경사 영역 2이다.
2번 M2: O. $y_n > y_c$이므로 완경사이고, 동시에 $y_c < y < y_n$이므로 영역 2이다. 따라서 M2가 맞다.
3번 S1: X. S형은 $y_n < y_c$인 급경사에서만 나온다. 이 문제는 $3.2m > 1.5m$이므로 급경사가 아니다. 틀린 표현은 S형 판정이며, 올바르게는 M형 판정이다.
4번 S2: X. S2 역시 급경사에서 $y_n < y < y_c$일 때의 곡선이다. 이 문제는 하상 자체가 완경사이므로 S2가 될 수 없다. 틀린 표현은 급경사 영역 2 판정이며, 올바르게는 완경사 영역 2이다.

오답 포인트

M과 S를 실제 수심 y만 보고 정하는 실수가 잦다. 먼저 y_n과 y_c의 대소관계로 경사 종류를 정한 뒤, 그다음 y가 두 기준수심 사이의 어디에 있는지로 1, 2, 3을 붙여야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

수면곡선 문제는 먼저 y_n과 y_c를 비교해 M형인지 S형인지 판정하고, 다음으로 실제 수심 y가 y_n과 y_c의 위, 사이, 아래 중 어디에 있는지로 영역 번호를 붙여 판단한다.

암기 포인트

완경사는 $y_n > y_c$이고 급경사는 $y_n < y_c$이다. 완경사에서 $y_c < y < y_n$이면 M2이다.

NoteBase