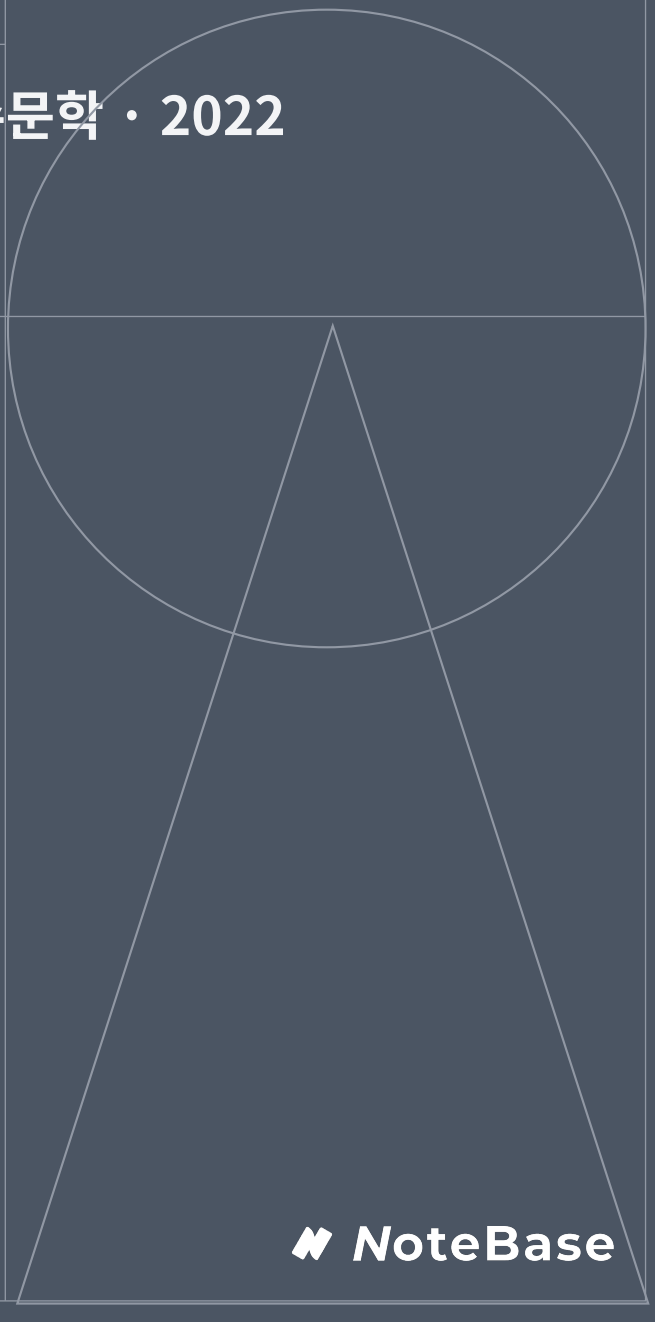
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 수리수문학 · 2022



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 수리수문학 · 2022

공무원/지방직/7급 · 수리수문학 · 2022

문 1. 물속에 직경이 1mm인 유리관을 연직으로 세웠을 때 모세관 상승고를 h_1이라 하고, 2개의 유리판을 0.5mm 간격으로 나란하게 연직으로 세웠을 때 두 유리판 사이 수면의 상승고를 h_2라 할 경우, 유리관에 대한 유리판 상승고의 비(h_2/h_1)는? (단, 물의 표면장력은 0.1N/cm이고, 접촉각은 0°, 물의 단위중량은 0.01N/cm^3이다)

① 0.25

② 0.5

③ 1.0

④ 2.0

정답 3번

출제 포인트

원형 유리관 내부와 일정 간격의 두 수직면 사이에서의 모세관 상승고 공식을 적용하여 상승고의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

원형 유리관의 지름은 $d = 1\text{mm}$이다. 두 유리관 사이의 간격은 $b = 0.5\text{mm}$이다. 접촉각은 0°이므로 $\cos\theta = 1$이다.

사용할 공식

원형 관의 모세관 상승고는 $h_1 = \frac{4T\cos\theta}{\gamma d}$이다. 간격 b인 두 수직면 사이의 상승고는 $h_2 = \frac{2T\cos\theta}{\gamma b}$이다. 두 유리관 사이의 좁은 틈은 평행한 두 수직면 사이의 모세관 현상으로 보므로 두 번째 공식을 사용한다.

계산 과정

두 식의 비를 구하면 $\frac{h_2}{h_1} = \frac{2T\cos\theta}{\gamma b} \times \frac{\gamma d}{4T\cos\theta} = \frac{d}{2b}$이다. 따라서 $\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2 \times 0.5} = 1.0$이다. 표면장력과 물의 단위중량은 비를 구하는 과정에서 서로 약분된다.

NoteBase

선지 판단

① X. 계산 결과는 0.25가 아니다. 틀린 표현 '0.25' → 올바르게는 '1.0'이다. 0.25는 지름과 간격의 관계 및 원형 관과 평행면의 계수 차이를 함께 잘못 처리한 값이다.
② X. 계산 결과는 0.5가 아니다. 틀린 표현 '0.5' → 올바르게는 '1.0'이다. 두 식에서 분자 계수 2와 4의 차이를 반영하지 않고 길이비만 비교하면 이러한 오류가 생긴다.
③ O. $d/(2b) = 1/(2 \times 0.5) = 1.0$이므로 옳다.
④ X. 계산 결과는 2.0이 아니다. 틀린 표현 '2.0' → 올바르게는 '1.0'이다. h_2/h_1를 d/b로 두어 원형 관 식의 계수 4와 평행면 식의 계수 2를 무시하면 2.0이 된다.

오답 포인트

두 유리관 사이의 틈에서는 원형 관의 공식이 아니라 평행한 두 수직면의 공식을 적용한다. 특히 비를 구할 때 d/b만 비교하면 ④의 2.0을 고르게 되며, 계수 차이까지 반영한 $d/(2b)$를 써야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

모세관 상승고의 비는 먼저 단면 형상을 구분한 뒤 각 공식을 세운다. 그다음 공통인 T, γ, $\cos\theta$를 약분하고 길이 단위는 동일하게 맞추어 비교한다.

암기 포인트

원형 관은 $4T/(\gamma d)$, 평행한 두 수직면은 $2T/(\gamma b)$이므로 상승고의 비는 $d/(2b)$이다.

NoteBase

문 2. 양수발전소에서 상부저수지로부터 관로를 통해 낙하하는 $3m^3/s$의 물을 이용하여 터빈을 돌려 발전하고 있다. 저수지 수면에서 터빈까지의 높이 차가 $100m$이고, 터빈의 효율이 50%인 경우, 발전되는 동력[kW]은? (단, 관로를 통해 용수가 유하하는 과정에서 발생하는 손실수두의 총합은 $10m$이고, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$으로 가정한다)

① 1,350

② 1,800

③ 2,700

④ 3,600

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 양수발전소의 유효낙차와 터빈 효율을 적용하여 발전동력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 유량은 $Q = 3m^3/s$이고, 저수지 수면에서 터빈까지의 총낙차는 $100m$이다. 관로 손실수두가 $10m$이므로 유효낙차는 $H = 100 - 10 = 90m$이다. 물의 단위중량은 $\gamma = 10kN/m^3$, 터빈 효율은 $\eta = 0.50$이다.

사용할 공식

발전동력은 물이 가진 수력에 터빈 효율을 곱한 $P = \gamma QH\eta$로 구한다. 관로를 지나는 동안 손실수두가 발생하므로 총낙차 $100m$가 아니라 손실을 제외한 유효낙차 $90m$를 사용한다.

계산 과정

1. 유효낙차는 $H = 100 - 10 = 90m$이다.
2. 터빈에 도달한 물의 수력은 $\gamma QH = (10kN/m^3)(3m^3/s)(90m) = 2{,}700kW$이다.
3. 터빈 효율 0.50을 적용하면 $P = 2{,}700 \times 0.50 = 1{,}350kW$이다.

선지 판단

① O: 계산 결과가 1,350 kW이므로 옳다.
② X: 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 표현인 '1,800 kW' → 올바르게는 '발전동력은 1,350 kW'이다.
③ X: 2,700 kW는 터빈 효율을 적용하기 전의 수력이다. 틀린 표현인 '2,700 kW' → 올바르게는 '효율 50%를 적용한 발전동력은 1,350 kW'이다.
④ X: 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 표현인 '3,600 kW' → 올바르게는 '발전동력은 1,350 kW'이다.
계산 결과 1,350 kW이므로 정답은 1번이다.

NoteBase

오답 포인트

총낙차 100m에서 관로 손실수두 10m를 빼지 않거나, ③처럼 효율 50%를 적용하지 않으면 오답이 된다. 발전 가능한 출력에는 손실수두와 터빈 효율이 모두 반영된다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 문제는 총낙차에서 손실수두를 뺀 유효낙차를 먼저 구하고, $P = \gamma Q H \eta$에 대입한 뒤 $kN \cdot m/s = kW$의 단위를 검산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

발전동력은 '단위중량 × 유량 × 유효낙차 × 효율'이며, 유효낙차는 '총낙차 − 손실수두'이다.

NoteBase

문 3. 개수로의 흐름 상태에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 상류흐름(subcritical flow)에서는 프루드(Froude) 수가 1보다 작다.

② 수심이 한계수심보다 클 경우 상류흐름(subcritical flow)이다.

③ 도수는 사류흐름(supercritical flow)이 상류흐름(subcritical flow)으로 급변하는 현상이다.

④ 도수 발생지점 하류에서는 도수지점 상류보다 유속이 빨라지고 수심이 감소한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 개수로에서 한계수심을 기준으로 구분하는 상류·사류와, 도수 전후의 유속·수심 변화를 묻는 문제이다.

핵심 개념

상류흐름은 수심이 한계수심보다 큰 완만한 흐름으로 프루드 수가 1보다 작다. 사류흐름은 수심이 한계수심보다 작은 빠른 흐름으로 프루드 수가 1보다 크다. 도수는 사류흐름이 상류흐름으로 급변하면서 유속은 감소하고 수심은 증가하는 현상이다.

선지별 해설

① O. 상류흐름에서는 프루드 수가 1보다 작으므로 옳다.

② O. 같은 유량·단면 조건에서 수심이 한계수심보다 크면 상류흐름이다.

③ O. 도수는 사류흐름에서 상류흐름으로 바뀌는 급격한 수면 상승 현상이므로 옳다.

④ X. 틀린 표현은 '유속이 빨라지고 수심이 감소한다'이다. 실제로 도수 하류에서는 상류보다 유속이 느려지고 수심이 증가한다.

오답 포인트

④는 도수 전후의 변화를 모두 반대로 제시한 선지이다. 도수는 빠르고 얕은 사류흐름이 느리고 깊은 상류흐름으로 바뀌는 현상이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 수심과 한계수심을 비교한다. 수심이 크면 상류흐름, 작으면 사류흐름이다. 도수가 보이면 사류에서 상류로 전환되며 유속 감소·수심 증가인지 확인한다.

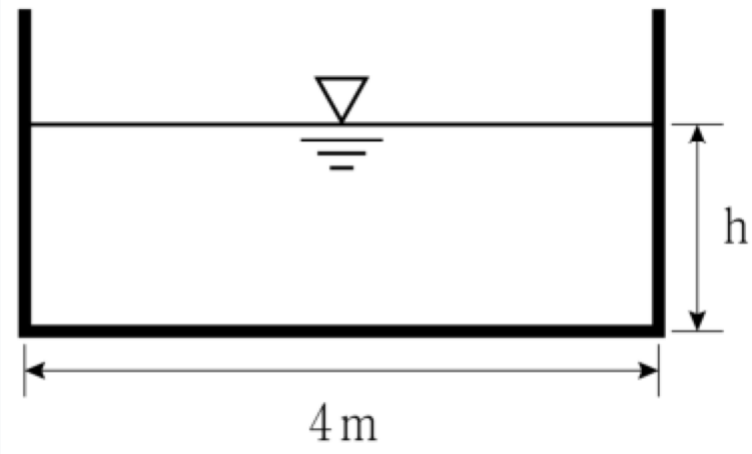
NoteBase

암기 포인트

도수: 사류 → 상류, 유속 ↓, 수심 ↑이다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 직사각형 단면 수로에서 수면 경사가 $\frac{1}{100}$, Manning의 조도계수가 0.016이다. 수리학적으로 유리한 단면(최량 수리 단면)일 때의 유량 $[m^3/s]$은? (단, Manning 공식을 적용한다)



① 30

② 40

③ 50

④ 60

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 수리학적으로 유리한 직사각형 단면의 조건과 Manning 공식을 이용하여 유량을 구하는 문제이다.

조건 정리

바닥폭은 $b = 4m$, 수면경사는 $S = 1/100 = 0.01$, Manning 조도계수는 $n = 0.016$이다. 직사각형 수로의 최량 수리 단면은 폭이 수심의 두 배이므로 $b = 2h$이다. 따라서 $h = 2m$이다.
단면적은 $A = bh = 4 \times 2 = 8m^2$이고, 윤변은 $P = b + 2h = 4 + 4 = 8m$이다. 따라서 경심은 $R = A/P = 1m$이다.

사용할 공식

Manning 공식은 $Q = \frac{1}{n}AR^{2/3}S^{1/2}$이다. 등류 상태의 개수로 유량을 구하고, 조도계수 · 경심 · 수면경사가 주어졌으므로 이 공식을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 최량 단면 조건 $b = 2h$에서 $h = 4/2 = 2m$이다.
2. $A = 8m^2$, $R = 1m$, $S^{1/2} = \sqrt{0.01} = 0.1$이다.
3. $Q = \frac{1}{0.016} \times 8 \times 1^{2/3} \times 0.1 = 50m^3/s$이다.

선지 판단

① X. 유량은 $30m^3/s$가 아니다. Manning 공식에 최량 단면의 $A = 8m^2$, $R = 1m$를 대입하면 $50m^3/s$가 된다. 틀린 표현 '유량이 $30m^3/s$이다'는 '유량이 $50m^3/s$이다'로 고쳐야 한다.
② X. 유량은 $40m^3/s$가 아니다. $1/n = 62.5$, $S^{1/2} = 0.1$을 포함하여 계산한 값은 $50m^3/s$이다. 틀린 표현 '유량이 $40m^3/s$이다'는 '유량이 $50m^3/s$이다'로 고쳐야 한다.
③ O. 최량 단면에서 $A = 8m^2$, $R = 1m$이므로 Manning 공식의 계산값은 $50m^3/s$이다.
④ X. 유량은 $60m^3/s$가 아니다. 최량 단면의 수심을 $2m$로 정한 뒤 Manning 공식을 적용하면 $50m^3/s$이다. 틀린 표현 '유량이 $60m^3/s$이다'는 '유량이 $50m^3/s$이다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

직사각형 단면의 폭 $4m$를 수심으로 보거나, 최량 단면 조건 $b = 2h$를 적용하지 않으면 A와 R이 달라져 ① · ② · ④와 같은 오답값을 고르게 된다. 또한 경사 $S = 0.01$ 자체가 아니라 $S^{1/2} = 0.1$을 대입하는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 최량 단면 문제는 먼저 $b = 2h$로 수심을 정하고, 이어서 $A = bh$, $P = b + 2h$, $R = A/P$를 구한 뒤 $Q = (1/n)AR^{2/3}S^{1/2}$에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

직사각형 최량 단면은 '폭 = 수심의 2배', 즉 $b = 2h$이다.

NoteBase

문 5. 유체의 기본성질에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 유체에 전단응력이 작용할 때 변형에 저항하는 정도를 나타내는 유체의 성질을 점성이라고 한다.

② 수면에 연직인 직사각형 모양의 수문에 작용하는 힘의 작용점은 수문의 도심보다 항상 아래쪽에 위치한다.

③ 움직이는 유체가 수행한 일(Work)은 에너지(Energy)와 동일한 물리적 차원을 갖는다.

④ 관수로 내 물이 흐를 때, 에너지경사선은 동수경사선에 압력수두를 합한 것과 같다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 점성, 정수압의 작용점, 일과 에너지의 차원, 그리고 에너지경사선과 동수경사선의 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

점성은 유체가 전단변형에 저항하는 성질이다.
동수경사선은 위치수두와 압력수두의 합을 이은 선이며, 에너지경사선은 여기에 속도수두까지 더한 전수두를 이은 선이다. 즉 에너지경사선은 동수경사선보다 속도수두 $v^2/(2g)$만큼 높다.

선지별 해설

① O — 전단응력이 작용할 때 유체가 변형에 저항하는 정도를 점성이라 한다.
② O — 연직 평면 수문에는 깊이에 비례하여 더 큰 정수압이 작용하므로, 합력의 작용점인 압력중심은 도심보다 아래에 위치한다.
③ O — 일은 에너지의 전달량이므로 에너지와 같은 물리적 차원을 가진다.
④ X — 틀린 표현은 '압력수두를 합한'이다. 에너지경사선은 동수경사선에 압력수두가 아니라 속도수두 $v^2/(2g)$를 더한 선이다.

오답 포인트

동수경사선 자체에 이미 압력수두가 포함된다는 점을 놓치기 쉽다. 동수경사선에 압력수두를 다시 더하면 압력수두를 중복 계산하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

수두 관계는 위치수두, 압력수두, 속도수두로 나누어 확인한다. 동수경사선은 위치수두와 압력수두, 에너지경사선은 세 수두 모두의 합으로 판단한다.

암기 포인트

동수경사선 + 속도수두 = 에너지경사선이다.

NoteBase

문 6. 높이 a, 폭 b, 길이 l인 직육면체 케이슨(caisson)이 물에 떠 있다. 부체의 측면이 수면에 연직이 되어 안정상태를 유지하기 위한 관계식이 $b > xa$로 표현될 때 x의 최솟값은? (단, 케이슨의 비중은 0.5이고, $l > b$이다)

① 1
② $\frac{\sqrt{2}}{3}$
③ $\frac{\sqrt{3}}{2}$
④ $\frac{\sqrt{6}}{2}$

정답 4번

출제 포인트

직육면체 케이슨의 횡안정 조건인 메타센터 높이 $GM > 0$를 이용하여 폭과 높이의 관계를 구하는 문제이다.

조건 정리

케이슨의 비중이 0.5이므로 흘수는 $d = 0.5a$이다.
무게중심 G는 바닥에서 $a/2$, 부심 B는 잠긴 부분의 중심이므로 바닥에서 $d/2 = a/4$에 있다. 따라서 $BG = a/4$이다.
$l > b$이므로 더 불리한 횡요는 길이 방향 축에 대한 회전이며, 이때 수면면의 2차모멘트는 $I = lb^3/12$이다.

사용할 공식

초기 안정 조건은 $GM = BM - BG > 0$이다.
$BM = I/\nabla$이고, 배수체적은 $\nabla = lbd = abl/2$이다.
수면면 형상과 잠긴 체적이 주어졌으므로 메타센터 반지름 BM을 구해 BG와 비교하는 방식이 사용된다.

계산 과정

1. $BM = (lb^3/12)/(abl/2) = b^2/(6a)$이다.
2. $GM = b^2/(6a) - a/4$이다.
3. 안정하려면 $GM > 0$이므로 $b^2/(6a) > a/4$, 즉 $b^2 > 3a^2/2$이다.
4. 길이는 양수이므로 $b > (\sqrt{6}/2)a$가 된다.

NoteBase

선지 판단

① X. $b > a$는 필요한 폭보다 작은 조건이다. 예를 들어 $b = 1.1a$이면 $b^2 = 1.21a^2 < 1.5a^2$이어서 불안정하다. 틀린 표현 $b > a$ → 올바르게는 $b > (\sqrt{6}/2)a$이다.
② X. $b > (\sqrt{2}/3)a$는 약 $0.47a$보다 크면 된다는 뜻으로, 안정에 필요한 $1.22a$보다 훨씬 작다. 틀린 표현 $\sqrt{2}/3$ → 올바르게는 $\sqrt{6}/2$이다.
③ X. $b > (\sqrt{3}/2)a$는 약 $0.87a$보다 크면 된다는 조건이라 $GM > 0$을 보장하지 못한다. 틀린 표현 $\sqrt{3}/2$ → 올바르게는 $\sqrt{6}/2$이다.
④ O. $b > (\sqrt{6}/2)a$이면 $GM > 0$이므로 케이슨은 초기 안정상태를 유지한다.

오답 포인트

비중 0.5를 바로 $BG = a/2$에 대입하는 실수가 흔하다. 비중은 먼저 흘수 $d = a/2$를 결정하고, 부심은 잠긴 부분의 중심이므로 $a/4$에 놓인다. 또한 $I > b$ 조건 때문에 더 작은 폭 b에 대한 $Ib^3/12$를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

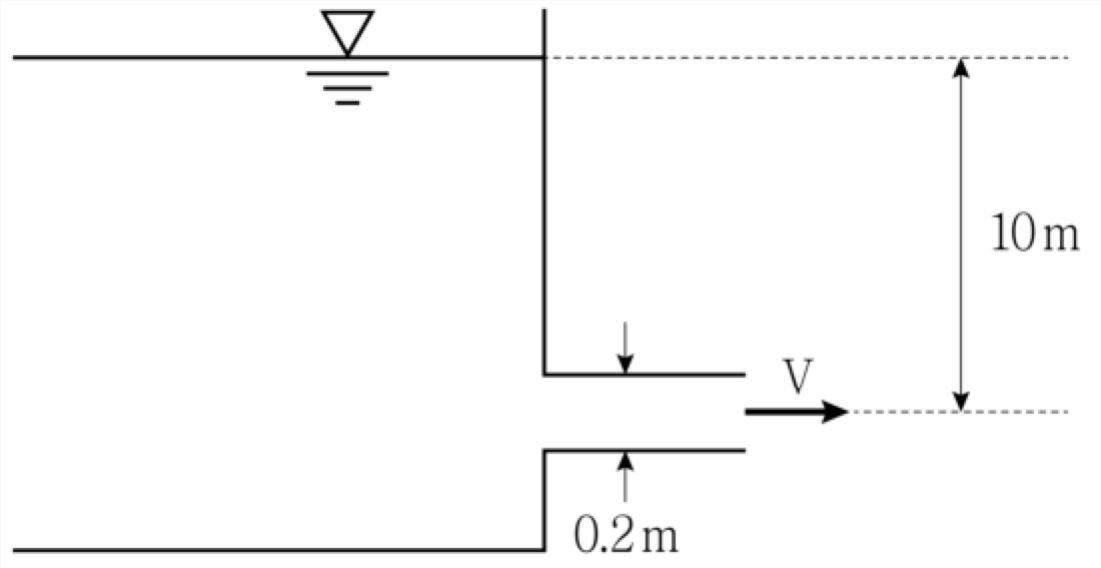
부체 안정 문제는 비중으로 흘수를 구한 뒤 G와 B에서 BG를 정하고, 수면면 2차모멘트로 $BM = I/\nabla$를 계산하여 $GM = BM - BG > 0$인지 판단한다. 직사각형 수면에서는 더 짧은 변의 세제곱이 들어가는 회전축이 안정상 불리한 축이다.

암기 포인트

초기 안정의 기준은 $GM > 0$, 즉 $BM > BG$이다. 이 문항에서는 $b/a > \sqrt{6}/2$이다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 저수지에서 관을 연결한 자유방류 관로 내의 흐름에 의해서 발생한 손실수두의 총합이 $\frac{V^2}{2g}$일 때, 지름 0.2m의 관을 통과하는 유량[m^3/s]은? (단, 흐름은 1차원 흐름이고, 중력가속도는 $10m/s^2$으로 가정한다)



① 0.05π

② 0.1π

③ 0.2π

④ 0.4π

정답 2번

출제 포인트

저수지 자유수면과 대기 중으로 자유방류되는 관 출구 사이에 베르누이 방정식을 적용하여 유량을 구하는 문제이다.

조건 정리

수면과 관 출구의 높이차는 $10m$이다. 저수지 수면과 출구는 모두 대기압이며, 저수지 수면의 유속은 관내 유속에 비해 0으로 본다. 관 지름은 $D = 0.2m$이고, 관로 손실수두의 총합은 $h_L = V^2/(2g)$이다.

사용할 공식

자유수면에서 관 출구까지의 에너지 방정식은 $10 = \frac{V^2}{2g} + h_L$이다. 출구와 자유수면의 압력수두는 서로 상쇄되고 자유수면 유속수두는 0이므로, 위치수두가 출구 유속수두와 손실수두로 바뀐다.

NoteBase

계산 과정

손실수두 $h_L = V^2/(2g)$를 대입하면 $10 = \frac{V^2}{2g} + \frac{V^2}{2g} = \frac{V^2}{g}$이다. $g = 10m/s^2$이므로 $V = 10m/s$이다. 관 단면적은 $A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(0.2)^2}{4} = 0.01\pi m^2$이고, 따라서 유량은 $Q = AV = (0.01\pi)(10) = 0.1\pi m^3/s$이다.

선지 판단

① X. $0.05\pi m^3/s$는 계산 결과의 절반이다. 유량은 $0.1\pi m^3/s$가 되어야 한다.
② O. $Q = 0.1\pi m^3/s$로 계산되므로 옳다.
③ X. $0.2\pi m^3/s$는 계산 결과의 2배이다. 손실수두를 빼고 위치수두를 모두 출구 유속수두로 처리하면 큰 유속을 구하게 되며, 올바른 유량은 $0.1\pi m^3/s$이다.
④ X. $0.4\pi m^3/s$는 계산 결과의 4배이다. 손실수두와 출구 유속수두를 모두 고려하면 유량은 $0.1\pi m^3/s$이다.

오답 포인트

높이차 $10m$ 전체가 출구 유속수두가 되는 것이 아니다. 이 문제에서는 출구 유속수두와 관로 손실수두가 각각 $V^2/(2g)$이므로 높이차를 둘이 나누어 가진다.

다시 나오면 이렇게 판단

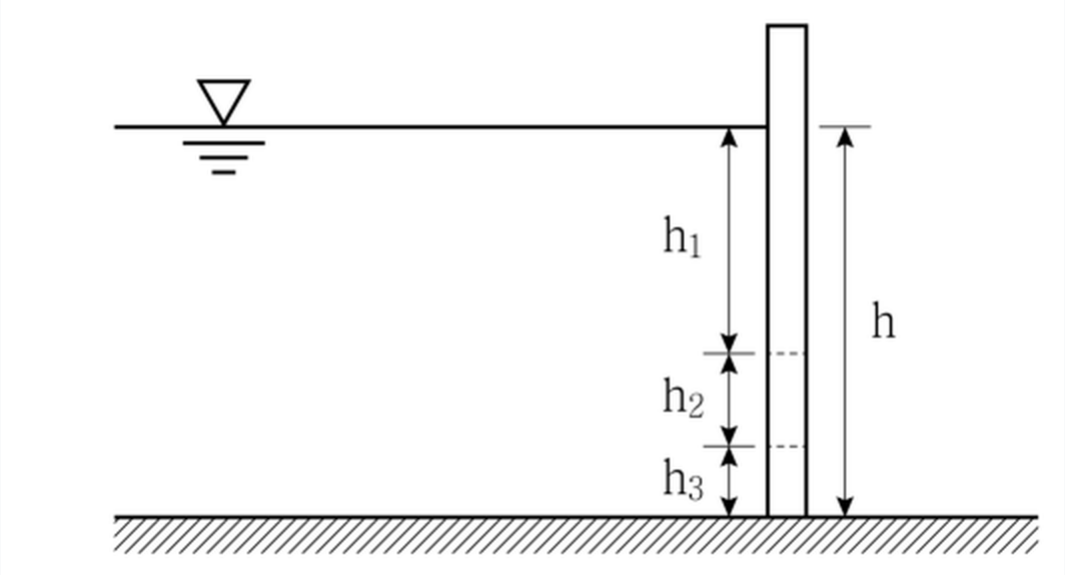
저수지 자유수면과 자유방류 출구를 연결해 압력수두를 상쇄한 뒤, 높이차를 출구 유속수두와 손실수두의 합으로 둔다. 이어서 $Q = AV$와 $A = \pi D^2/4$를 적용한다.

암기 포인트

자유방류 관로에서는 높이차 = 출구 유속수두 + 손실수두이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같은 높이가 h인 직사각형 수문을 3구간 분할하여 각 구간에 작용하는 수압으로 인한 힘이 동일할 때 h_2를 h로 나타낸 것으로 옳은 것은?



① $\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{3}}h$
② $\frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{3}}h$
③ $\frac{\sqrt{3}-\sqrt{2}}{\sqrt{3}}h$
④ $\frac{\sqrt{5}-\sqrt{2}}{\sqrt{3}}h$

정답 1번

출제 포인트

수심에 비례하여 증가하는 정수압을 적분하여, 세 구간의 수압 합력이 같아지도록 분할 경계를 구하는 문제이다.

조건 정리

수면에서 아래로 잰 깊이를 y라 하고, 첫째·둘째 분할 경계의 깊이를 각각 y_1, y_2라 둔다. 수문의 전체 높이는 h이고, $h_2 = y_2 - y_1$이다. 수문 폭과 물의 단위중량은 모든 구간에서 같으므로, 각 구간의 합력은 깊이 제곱의 차로 비교할 수 있다.

사용할 공식

깊이 a부터 b까지의 직사각형 수문에 작용하는 수압 합력은 $F_{a\sim b} = \rho g B \int_a^b y dy = \frac{\rho g B}{2}(b^2 - a^2)$이다.
정수압은 깊이 y에 비례하므로, 같은 높이로 나누는 것이 아니라 각 구간의 $b^2 - a^2$가 같도록 나누어야 한다.

NoteBase

계산 과정

전체 합력은 $\frac{\rho g B}{2}h^2$이므로 각 구간의 합력은 그 13이다.
첫째 경계까지의 합력이 전체의 13이므로 $y_1^2 = \frac{h^2}{3}$, 따라서 $y_1 = \frac{h}{\sqrt{3}}$이다.
둘째 경계까지의 누적 합력은 전체의 23이므로 $y_2^2 = \frac{2h^2}{3}$, 따라서 $y_2 = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}h$이다.
그러므로 $h_2 = y_2 - y_1 = \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{3}}h$이다.

선지 판단

① O. $h_2 = \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{3}}h$로 계산 결과와 일치한다.
② X. '$\frac{\sqrt{5}-1}{\sqrt{3}}h$'가 틀린 표현이다. 올바르게는 $\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{3}}h$이다. 둘째 경계의 누적 합력은 전체의 23이므로 $\sqrt{5}$가 아니라 $\sqrt{2}$가 나온다.
③ X. '$\frac{\sqrt{3}-\sqrt{2}}{\sqrt{3}}h$'가 틀린 표현이다. 올바르게는 $\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{3}}h$이다. 제시식은 $h - y_2$로서 셋째 구간 높이 h_3에 해당한다.
④ X. '$\frac{\sqrt{5}-\sqrt{2}}{\sqrt{3}}h$'가 틀린 표현이다. 올바르게는 $\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{3}}h$이다. 세 구간의 등합력 조건에서 분할 경계의 깊이 제곱은 $1 : 2 : 3$에 비례하므로 $\sqrt{5}$는 나타나지 않는다.

오답 포인트

'세 구간의 힘이 동일'하다는 조건을 '세 구간의 높이가 동일'하다고 바꾸어 해석하는 것이 함정이다. 깊어질수록 수압이 커지므로 아래쪽 구간은 더 짧아야 하며, ③은 특히 구하려는 h_2가 아니라 맨 아래 구간 h_3를 나타낸다.

다시 나오면 이렇게 판단

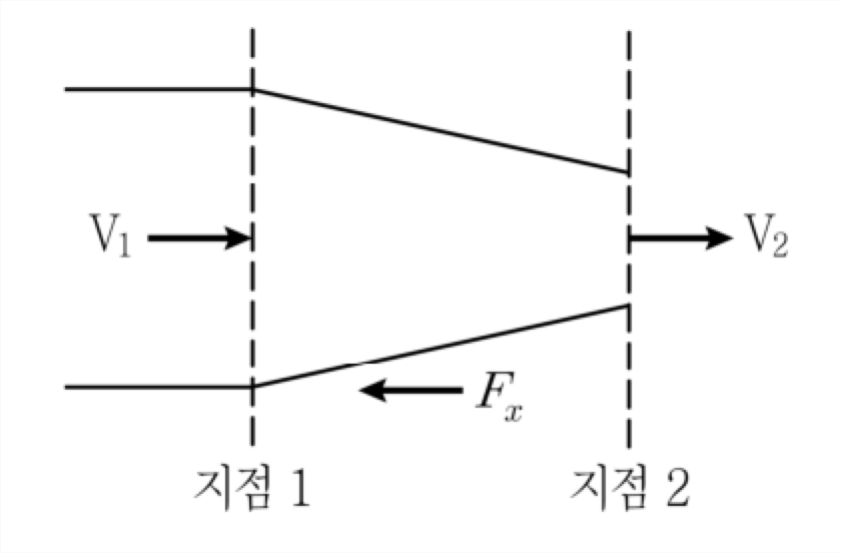
수면에서 각 분할 경계까지의 누적 합력을 먼저 본다. 깊이 y까지의 누적 합력은 y^2에 비례하므로, n등분이면 경계 깊이는 $y_k = h\sqrt{\frac{k}{n}}$로 구한 뒤 인접 경계의 차를 해당 구간 높이로 판단한다.

암기 포인트

정수압 등합력 분할은 '깊이 제곱을 등분'한다. 3등분 경계는 $h/\sqrt{3}$, $\sqrt{2}h/\sqrt{3}$이다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 수평한 관수로 내에서 물이 지점 1에서 지점 2로 흐르며 지점 2에서 대기로 분사되고 있다. 지점 1의 압력과 지점 1의 지름은 각각 30kN/m^{2}와 0.2m이고, 지점 2의 지름은 0.1m일 때, 수축관로에 작용하는 힘(F_x)의 크기 [kN]는? (단, 지점 1과 2 사이의 점성효과를 무시하고, 물의 단위중량은 10kN/m^3, 중력가속도는 10m/s^{2}이다)



① 0.12π

② 0.18π

③ 0.24π

④ 0.30π

정답 2번

출제 포인트

수평 축소관에서 연속방정식과 베르누이식을 이용해 유속을 구한 뒤, 운동량 방정식으로 관수로에 작용하는 축방향 힘을 구하는 문제이다.

조건 정리

지점 1의 압력은 $p_1 = 30kN/m^2$, 지점 2의 압력은 대기압이므로 게이지압 $p_2 = 0$이다.
지름은 $d_1 = 0.2m$, $d_2 = 0.1m$이므로 $A_1/A_2 = (d_1/d_2)^2 = 4$이다. 따라서 $V_2 = 4V_1$이다.
물의 단위중량 $\gamma = 10kN/m^3$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이므로 $\rho = \gamma/g = 1000kg/m^3$이다.

NoteBase

사용할 공식

연속방정식은 $A_1V_1 = A_2V_2$이다. 수평 관수로이고 점성효과를 무시하므로 베르누이식은 $p_1/\gamma + V_1^2/(2g) = p_2/\gamma + V_2^2/(2g)$이다.
힘은 유체에 대해 $p_1A_1 + R_x - p_2A_2 = \rho Q(V_2 - V_1)$를 적용한다. 여기서 R_x는 관수로가 유체에 가하는 힘이며, 관수로에 작용하는 힘은 그 반대방향이다.

계산 과정

1. 베르누이식에 $p_1/\gamma = 30/10 = 3m$, $p_2 = 0$, $V_2 = 4V_1$을 대입하면 $3 + V_1^2/20 = 16V_1^2/20$이다. 따라서 $V_1 = 2m/s$, $V_2 = 8m/s$이다.
2. 유량은 $Q = A_1V_1 = [\pi(0.2)^2/4] \times 2 = 0.02\pi m^3/s$이다.
3. $A_1 = 0.01\pi m^2$이므로 입구 압력력은 $p_1A_1 = 30 \times 0.01\pi = 0.30\pi kN$이다. 유체의 운동량 증가량은 $\rho Q(V_2 - V_1) = 1000 \times 0.02\pi \times 6 = 0.12\pi kN$이다.
4. 오른쪽을 양(+)으로 하면 $0.30\pi + R_x = 0.12\pi$이므로 $R_x = -0.18\pi kN$이다. 즉 관수로가 유체를 왼쪽으로 미는 힘은 $0.18\pi kN$이고, 유체가 관수로에 가하는 힘은 그 반대인 왼쪽 $0.18\pi kN$이다.

선지 판단

① X — $0.12\pi kN$은 유체의 운동량 증가량 $\rho Q(V_2 - V_1)$만 계산한 값이다. 입구 압력력 $0.30\pi kN$을 함께 고려해야 한다. 틀린 표현 0.12π → 올바르게는 $0.18\pi kN$이다.
② O — 압력력과 운동량 변화를 함께 적용하면 관수로에는 왼쪽으로 $0.18\pi kN$이 작용한다.
③ X — $0.24\pi kN$은 운동량 방정식의 압력항과 운동량항을 정확히 차감하여 얻는 값이 아니다. 틀린 표현 0.24π → 올바르게는 $0.18\pi kN$이다.
④ X — $0.30\pi kN$은 입구 단면에 작용하는 압력력 p_1A_1만의 크기이다. 유체의 운동량 증가량 $0.12\pi kN$을 빼야 한다. 틀린 표현 0.30π → 올바르게는 $0.18\pi kN$이다.

오답 포인트

①처럼 운동량 변화만을 힘으로 보거나 ④처럼 입구 압력력만을 힘으로 보는 오류가 대표적이다. 또한 R_x는 관수로가 유체에 가하는 힘이므로, 문제에서 묻는 유체가 관수로에 가하는 힘의 방향은 반대가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

축소·확대관 문제는 먼저 $A_1V_1 = A_2V_2$로 유속비를 정하고, 수평이면 베르누이식으로 두 유속을 구한다. 그다음 제어체적에 압력력과 관벽력을 모두 넣어 $\sum F_x = \rho Q(V_2 - V_1)$를 적용하며, 마지막에 관에 작용하는 힘의 방향을 반대로 판단한다.

암기 포인트

축소관은 $V_2 > V_1$이고, 관에 작용하는 힘은 '관이 유체에 가한 힘'의 반대방향이다.

NoteBase

문 10. 원형관로의 내경이 64cm, 길이가 100m인 관수로에서 유속이 2m/s, 레이놀즈(Reynolds) 수가 1,000일 때, 관로 전체구간을 지나는 동안 발생되는 마찰손실수두[m]는? (단, 중력가속도는 $10m/s^2$로 가정한다)

① 1

② 2

③ 4

④ 8

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 층류 원형관의 Darcy-Weisbach 식으로 관로 전체의 마찰손실수두를 구하는 문제이다.

조건 정리

관 내경은 $D = 64cm = 0.64m$이고, 관로 길이는 $L = 100m$, 유속은 $V = 2m/s$, 레이놀즈수는 $Re = 1{,}000$, 중력가속도는 $g = 10m/s^2$이다. $Re = 1{,}000 < 2{,}000$이므로 층류이며, 층류의 Darcy 마찰계수는 $f = 64/Re$이다.

사용할 공식

마찰손실수두는 $h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$로 구한다. 관로 길이와 관경, 평균유속이 주어졌으므로 Darcy-Weisbach 식을 적용하며, 층류 조건이 주어졌으므로 $f = 64/Re$를 사용한다.

계산 과정

1. 층류 마찰계수는 $f = \frac{64}{1{,}000} = 0.064$이다.
2. 관로 길이와 관경의 비는 $\frac{L}{D} = \frac{100}{0.64} = 156.25$이다.
3. 속도수두는 $\frac{V^2}{2g} = \frac{2^2}{2 \times 10} = 0.2m$이다.
4. 따라서 $h_f = 0.064 \times 156.25 \times 0.2 = 2m$이다.

선지 판단

① X: 마찰손실수두는 $1m$가 아니다. 계산값은 $2m$이므로, 틀린 표현 '1'은 '2'로 고쳐야 한다.
② O: Darcy-Weisbach 식에 층류 마찰계수 $f = 0.064$를 대입한 마찰손실수두는 $2m$이다.
③ X: 마찰손실수두는 $4m$가 아니다. 틀린 표현 '4'는 계산값인 '2'로 고쳐야 한다.
④ X: 마찰손실수두는 $8m$가 아니다. 틀린 표현 '8'은 계산값인 '2'로 고쳐야 한다.
계산 결과가 $2m$이므로 정답은 2번이다.

NoteBase

오답 포인트

층류인데 난류 마찰계수를 적용하거나, L/D에서 관경 $64cm$를 $0.64m$로 환산하지 않으면 오답이 된다. 또한 $V^2/(2g)$의 속도수두를 빠뜨리면 손실수두가 크게 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 Re로 층류 여부를 판정하고, 층류이면 $f = 64/Re$를 구한다. 이어서 길이와 관경의 단위를 맞춘 뒤 $h_f = f(L/D)(V^2/2g)$에 대입해 계산한다.

암기 포인트

층류 원형관은 $f = 64/Re$, 마찰손실수두는 $h_f = f(L/D)(V^2/2g)$이다.

NoteBase

문 11. 과거 수년간의 연속적인 유량기록을 보유하고 있을 때 전체 유출수문곡선을 이용하여 기저유출을 분리하는 방법은?

① 주 지하수 감수곡선법

② 수정 N-day법

③ 가변경사법

④ 수평직선 분리법

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 기저유출 분리법 중 장기간의 연속 유량기록 전체를 이용하는 주 지하수 감수곡선법과, 개별 홍수수문곡선에 적용하는 간이 분리법을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

주 지하수 감수곡선법은 여러 해의 연속 유량기록에서 지하수 유출이 감소하는 구간들을 모아 대표적인 감수곡선을 설정하고, 이를 기저유출 분리에 이용하는 방법이다.
수정 N-day법은 유역면적 등을 바탕으로 정한 N일 기준을 이용해 개별 홍수의 직접유출 종료 시점을 정하는 방법이다.
가변경사법은 개별 수문곡선에서 기저유출선의 기울기를 변화시켜 분리하는 방법이고, 수평직선 분리법은 기저유출을 수평선으로 단순화하여 분리하는 방법이다.

선지별 해설

① O. 과거 수년간의 연속 유량기록과 전체 유출수문곡선을 이용하여 대표 지하수 감수곡선을 구하는 방법은 주 지하수 감수곡선법이다.
② X. 틀린 표현은 장기 연속 기록을 이용한다는 부분이다. 수정 N-day법은 개별 홍수수문곡선에서 N일 기준으로 직접유출 종료 시점을 정하는 방법이다.
③ X. 틀린 표현은 장기 전체 기록을 이용한다는 부분이다. 가변경사법은 개별 수문곡선에서 기저유출 분리선의 경사를 조절하여 분리하는 방법이다.
④ X. 틀린 표현은 장기 유량기록을 이용한다는 부분이다. 수평직선 분리법은 기저유출을 일정한 수평선으로 가정하여 개별 수문곡선에서 분리하는 간이방법이다.

오답 포인트

②~④도 모두 기저유출 분리법이므로 명칭만 보고 고르기 쉽다. 그러나 지문의 핵심 단서인 과거 수년간의 연속 기록과 전체 유출수문곡선은 대표 감수곡선을 만드는 ①을 가리킨다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

장기간의 연속 유량자료를 모아 지하수 감수 특성을 대표곡선으로 정하면 주 지하수 감수곡선법으로 판단한다. 한 번의 홍수수문곡선에서 선을 어떻게 그을지 묻는 경우에는 N-day법, 가변경사법, 수평직선 분리법을 비교한다.

암기 포인트

수년치 전체 기록으로 대표 감수곡선 설정 = 주 지하수 감수곡선법이다.

NoteBase

문 12. 홍수추적에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 홍수추적은 크게 수문학적 홍수추적과 수리학적 홍수추적으로 구분할 수 있다.

② 저수지추적은 저수지를 통과하는 홍수파에 미치는 저수지의 홍수조절 효과를 분석하는 것이다.

③ 수리학적 홍수추적은 저류개념을 나타내는 연속방정식의 변형인 저류방정식을 해석하는 방법이다.

④ 저류방정식을 사용하여 유입부 홍수수문곡선으로부터 유출부 유출수문곡선을 구한다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 수문학적 호수추적과 수리학적 호수추적의 해석 방법을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

수문학적 호수추적은 저수지·호수를 하나의 저류지로 보고 유입량, 유출량, 저류량의 관계인 저류방정식을 이용하여 유출수문곡선을 구하는 방법이다.
수리학적 호수추적은 수면 형상과 유속의 시간·공간 변화를 고려하여 연속방정식과 운동량방정식으로 이루어진 부정류 방정식을 해석하는 방법이다.
수문학적 방법의 키워드는 저류방정식이고, 수리학적 방법의 키워드는 연속방정식과 운동량방정식이다.

선지별 해설

① O. 호수추적은 단순화한 저류관계를 이용하는 수문학적 방법과, 흐름의 수리학적 거동을 해석하는 수리학적 방법으로 구분한다.
② O. 저수지추적은 저수지를 지나는 홍수파가 저류 작용을 받아 유출량과 첨두가 어떻게 변하는지를 분석하는 방법이다.
③ X. 틀린 표현은 '수리학적 호수추적은 … 저류방정식을 해석하는 방법'이다. 저류방정식을 해석하는 것은 수문학적 호수추적이며, 수리학적 호수추적은 연속방정식과 운동량방정식 등 부정류 흐름방정식을 해석한다.
④ O. 저류방정식에 유입부 홍수수문곡선을 적용하면 저류 효과를 반영한 유출부 유출수문곡선을 산정할 수 있다.

오답 포인트

③은 '수리학적'이라는 말과 '저류방정식'을 결합하여 방법의 적용식을 바꾸어 놓았다. 저류방정식은 저수지를 하나의 집중 저류지로 다루는 수문학적 추적의 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

저수지 전체의 유입·유출·저류량 관계만으로 유출수문곡선을 구하면 수문학적 호수추적이다. 수위와 유속의 공간적 변화를 함께 다루며 운동량방정식까지 사용하면 수리학적 호수추적이다.

NoteBase

암기 포인트

저류방정식은 수문학적 추적, 연속·운동량방정식은 수리학적 추적이다.

NoteBase

문 13. 동일 단면의 피압대수층 내의 두 지점 A, B가 500m 떨어져 있다. 지점 A의 압력수두는 40m이고 지점 B의 압력수두는 20m이다. 지점 A의 고도가 지점 B보다 30m 높다고 할 때 Darcy의 유속[m/day]은? (단, 투수계수는 0.1m/day이다)

① 0.01

② 0.02

③ 0.03

④ 0.04

정답 1번

출제 포인트

동일 단면의 피압대수층에서 두 지점의 전수두 차로 동수경사를 구한 뒤 Darcy 법칙으로 유속을 계산하는 문제이다.

조건 정리

두 지점 사이 거리는 $500m$이다. A의 압력수두는 $40m$, B의 압력수두는 $20m$이다. A의 고도는 B보다 $30m$ 높다. 투수계수는 $0.1m/day$이다.

사용할 공식

Darcy 유속의 크기는 $v = Ki$이고, 동수경사는 $i = \frac{\Delta h}{L}$이다. 피압대수층에서도 전수두는 고도수두와 압력수두의 합이므로, 두 지점의 전수두 차를 먼저 구한다.

계산 과정

A와 B의 고도수두 차는 $30m$, 압력수두 차는 $40 - 20 = 20m$이다. 따라서 전수두 차는
$\Delta h = 30 + 20 = 50m$이다.
동수경사는 $i = \frac{50m}{500m} = 0.1$이다.
그러므로 Darcy 유속은 $v = 0.1m/day \times 0.1 = 0.01m/day$이다. 전수두가 높은 A에서 B 방향으로 흐른다.

NoteBase

선지 판단

① O. 계산 결과 Darcy 유속은 $0.01m/day$이므로 옳다.
② X. $0.02m/day$는 전수두 차를 $100m$로 잘못 계산한 경우의 값이다. 올바르게는 고도수두 차와 압력수두 차를 더한 전수두 차가 $50m$이므로 $0.01m/day$이다.
③ X. $0.03m/day$는 주어진 전수두 차 및 거리에서 나오지 않는 값이다. 올바르게는 동수경사 0.1을 사용하여 $0.01m/day$로 계산한다.
④ X. $0.04m/day$는 동수경사를 실제보다 크게 적용한 값이다. 올바르게는 $i = 0.1$이므로 Darcy 유속은 $0.01m/day$이다.

오답 포인트

압력수두만의 차인 $20m$만 사용하면 안 된다. A가 B보다 $30m$ 높다는 고도수두 차도 같은 방향으로 더해야 전수두 차 $50m$가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

피압대수층의 두 지점 비교에서는 먼저 각 지점의 전수두를 고도수두+압력수두로 정리하고, 전수두 차를 거리로 나누어 동수경사를 구한 뒤 $v = Ki$를 적용한다.

암기 포인트

Darcy 유속은 투수계수 × 동수경사이며, 동수경사는 전수두 차 ÷ 거리이다.

NoteBase

문 14. 수면곡선의 분류에 있어서 수로경사의 종류는 크게 완경사, 한계경사, 급경사, 수평경사, 역경사로 구분한다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 완경사 수로에서 등류가 흐를 경우 상류가 발생한다.

② 급경사 수로에서 등류가 흐를 경우 사류가 발생한다.

③ 한계경사 수로에서 등류가 흐를 경우 도수가 발생한다.

④ 수평경사 및 역경사 수로에서는 등류상태를 유지할 수 없다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 수로바닥 경사에 따른 등류의 가능 여부와 수면곡선의 상류기·사류기 특성을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

완경사는 정상수심이 한계수심보다 큰 수로로 등류 시 완류 상태가 된다. 급경사는 정상수심이 한계수심보다 작은 수로로 등류 시 사류 상태가 된다. 한계경사는 정상수심과 한계수심이 같고, 수평경사와 역경사는 중력에 의해 등류를 유지할 수 없다. 상류기는 수심이 흐름 방향으로 감소하는 수면곡선이고, 사류기는 수심이 흐름 방향으로 증가하는 수면곡선이다.

선지별 해설

① O: 완경사 수로의 등류는 완류이므로 하류 수위의 영향이 상류로 전달되어 상류기가 발생할 수 있다.
② O: 급경사 수로의 등류는 사류이므로 흐름 방향으로 수심이 증가하는 사류기가 발생할 수 있다.
③ X: 틀린 표현은 '도수가 발생한다'이다. 한계경사 수로에서 등류가 흐른다는 것은 한계수심으로 흐르는 상태일 뿐, 그 자체가 도수 발생 조건은 아니다. 도수는 일반적으로 사류가 완류로 급격히 전환될 때 발생한다.
④ O: 수평경사와 역경사는 수로바닥의 중력 성분으로 마찰손실을 보상할 수 없으므로 등류상태를 유지할 수 없다.

오답 포인트

③은 '한계수심'과 '도수'를 같은 것으로 오인하게 한다. 한계경사는 등류의 수심 조건을 뜻하고, 도수는 사류에서 완류로 급변하는 흐름 현상이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 완경사·급경사에서 등류가 각각 완류·사류인지 판단한다. 다음으로 수심이 흐름 방향으로 감소하면 상류기, 증가하면 사류기로 구별하고, 도수는 사류에서 완류로의 급격한 전환이 있어야 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

완경사 등류는 완류·상류기, 급경사 등류는 사류·사류기이다. 한계경사 자체는 도수가 아니다.

NoteBase

문 15. 수리모형실험에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 길이는 L, 유량은 Q, 조도계수는 n이고, 척자 r는 원형(p)과 모형(m) 간의 비율이며, $L_r = L_p/L_m$이다. 또한, 원형과 모형에서의 유체는 동일하며, 중력가속도도 동일한 것으로 가정한다)

① 개수로 수리모형에서 조도계수비 $n_r = n_p/n_m = L_r^{1/6}$을 적용하기 위해서 운동학적 및 동역학적 상사성이 성립되어야 한다.

② 프루드(Froude) 모형법칙은 중력이 지배적인 힘이 될 때 적용하게 된다.

③ 개수로 수리모형에서는 통상 수평축척비와 연직축척비가 다른 왜곡모형을 사용하게 된다.

④ 프루드(Froude) 모형법칙에서 유량비는 $Q_r = Q_p/Q_m = L_r^{5/2}$이다.

정답 1번

출제 포인트

프루드 모형법칙에서 길이비에 따른 유속비·유량비와 매닝 조도계수비를 구분하는 문제이다.

조건 정리

길이비는 $L_r = L_p/L_m$이고, 원형과 모형의 유체 및 중력가속도는 동일하다. 왜곡모형은 수평축척비와 연직축척비가 서로 다른 모형이며, 개수로의 중력 지배 흐름에는 프루드 상사를 적용한다.

사용할 공식

프루드 상사에서는 $V_r = L_r^{1/2}$이다. 기하학적 상사인 개수로에서 $R_r = L_r$, $S_r = 1$이고 매닝식의 비는 $V_r = L_r^{2/3}/n_r$이다. 따라서 $n_r = L_r^{2/3}/L_r^{1/2} = L_r^{1/6}$이 된다. 단면적비는 $A_r = L_r^2$이므로 $Q_r = V_r A_r = L_r^{1/2} L_r^2 = L_r^{5/2}$이다.

계산 과정

1. 프루드 상사로 유속비를 $V_r = L_r^{1/2}$로 둔다.
2. 기하학적 상사에서 매닝식의 수리반경비와 동수경사비를 각각 $R_r = L_r$, $S_r = 1$로 둔다.
3. $V_r = L_r^{2/3}/n_r$와 프루드 유속비를 같게 두면 $n_r = L_r^{1/6}$이다.
4. 유량은 유속×단면적이므로 $Q_r = L_r^{1/2} \cdot L_r^2 = L_r^{5/2}$이다.

NoteBase

선지 판단

① X. $n_r = L_r^{1/6}$은 기하학적 상사에서 $R_r = L_r$, $S_r = 1$을 두고 프루드 동역학적 상사를 적용하여 얻는다. 틀린 표현은 '운동학적 및 동역학적 상사성'이며, 올바르게는 '기하학적 및 동역학적 상사성'이다.
② O. 프루드수는 관성력과 중력의 상대적 크기를 나타내므로 중력이 지배적인 자유수면 흐름의 모형법칙으로 적용한다.
③ O. 왜곡모형은 수평축척비와 연직축척비를 다르게 하여 수심·수로 경사 등을 모형에서 재현하는 개수로 모형이다.
④ O. 프루드 상사에서 $V_r = L_r^{1/2}$, 기하학적 상사에서 $A_r = L_r^2$이므로 $Q_r = V_r A_r = L_r^{5/2}$이다.

오답 포인트

①은 조도계수비의 지수 1/6은 맞게 제시하고 상사의 종류만 바꾸었다. 조도계수비는 매닝식의 기하학적 조건과 프루드 동역학적 조건을 결합해 얻는다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

개수로 모형에서는 먼저 중력 지배 여부를 확인해 프루드 상사를 선택한다. 이어서 기하학적 상사로 단면적비를 L_r^2로 두어 유량비를 구하고, 조도계수는 매닝식과 프루드 유속비를 결합해 판단한다.

암기 포인트

프루드 모형: $V_r = L_r^{1/2}$, $Q_r = L_r^{5/2}$, $n_r = L_r^{1/6}$. 조도비는 기하학적 상사와 프루드 동역학적 상사에서 나온다.

NoteBase

문 16. 단위유량도(단위도)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 강우-유출 자료가 없는 지역에서 유역 및 하천 특성인자를 이용하여 유도한 단위도를 합성단위도라 한다.

② 단위도란 단위유효우량이 유역전반에 균등하게 내렸을 때 발생하는 직접유출수문곡선이다.

③ SCS 합성단위도법에서 유효우량의 시작으로부터 첨두유량 발생시간은 유효우량지속기간과 유역지체시간의 합과 같다.

④ 순간단위도를 1시간 지체시킨 후 두 순간단위도의 종거를 평균하면 1시간 단위도를 구할 수 있다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 단위도의 정의와 합성단위도, SCS 합성단위도법의 첨두시간, 순간단위도에서 단위도로의 변환을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

단위도는 일정 지속기간의 단위유효우량이 유역 전반에 균등하게 내릴 때의 직접유출수문곡선이다. 합성단위도는 실측 강우-유출자료가 부족한 유역에서 유역·하천의 물리적 특성으로 유도한다. SCS 합성단위도법에서 유효우량 시작부터 첨두까지의 시간은 $T_p = D/2 + T_L$이다. 여기서 D는 유효우량지속기간, T_L은 유역지체시간이다.

선지별 해설

① O. 실측 강우-유출자료가 없는 유역에서는 유역면적, 유로길이, 경사 등 유역 및 하천의 특성인자를 이용해 단위도를 유도하며, 이를 합성단위도라 한다.

② O. 단위도는 단위유효우량이 유역 전체에 균등하게 내린 경우에 생기는 직접유출수문곡선이다. 직접유출만을 대상으로 하므로 기저유출은 포함하지 않는다.

③ X. 틀린 표현은 '유효우량지속기간과 유역지체시간의 합'이다. SCS 합성단위도법의 첨두시간은 유효우량지속기간 전체가 아니라 그 절반을 사용하여 $T_p = D/2 + T_L$로 구한다.

④ O. 순간단위도를 1시간 지체시킨 뒤 두 순간단위도의 종거를 평균하면, 1시간 동안 분포한 유효우량에 대한 반응으로 환산되어 1시간 단위도를 얻을 수 있다.

오답 포인트

③은 첨두시간에서 지속기간 D 전체를 더하는 것으로 바꾸어 놓은 선지이다. SCS 합성단위도법의 첨두시간에는 $D/2$만 들어간다는 점이 핵심이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

단위도 관련 선지는 먼저 '단위유효우량·유역 전반의 균등분포·직접유출'의 정의에 맞는지 확인한다. SCS 첨두시간을 묻는 경우에는 지속기간의 절반과 유역지체시간을 더하는 식을 적용한다.

암기 포인트

SCS 첨두시간은 '지속기간 반 + 지체시간', 즉 $T_p = D/2 + T_L$이다.

NoteBase

문 17. 유역면적이 20km^2이고 도달시간이 20 분인 유역에서 합리식을 통해 구한 첨두유출량이 $240\text{m}^3/\text{s}$였다. 이 유역과 동일한 유출계수와 강우강도식을 갖고 유역면적이 70km^2인 유역의 도달시간이 1 시간일 때 첨두유출량$[\text{m}^3/\text{s}]$은? (단, 강우강도식은 $I = \frac{3,600}{t+10}[\text{mm/hr}]$ 이고, t는 도달시간[분(min)]이다.)

① 180

② 240

③ 360

④ 840

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 합리식과 강우강도식을 이용하여 첫 번째 유역의 유출계수를 구한 뒤, 동일한 유출계수를 두 번째 유역에 적용하는 문제이다.

조건 정리

첫 번째 유역: 면적 $A_1 = 20km^2$, 도달시간 $t_1 = 20min$, 첨두유출량 $Q_1 = 240m^3/s$이다.
두 번째 유역: 면적 $A_2 = 70km^2$, 도달시간 $t_2 = 60min$이다.
두 유역은 유출계수와 강우강도식이 동일하므로, 첫 번째 유역에서 구한 유출계수 C를 두 번째 유역에도 사용한다.

사용할 공식

강우강도식은
$I = \frac{3600}{t+10} \quad (I : mm/hr,\ t : min)$
이고, 합리식은
$Q = \frac{CIA}{3.6}$
이다. 여기서 I의 단위가 mm/hr, A의 단위가 km^2일 때 1/3.6은 결과를 m^3/s로 환산하는 계수이다.
첨두유출량, 강우강도, 유역면적의 관계가 주어졌으므로 합리식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 첫 번째 유역의 강우강도를 구한다.

$I_1 = \frac{3600}{20+10} = 120mm/hr$

2. 첫 번째 유역의 자료를 합리식에 대입하여 유출계수를 구한다.

$240 = \frac{C \times 120 \times 20}{3.6}$

$C = \frac{240 \times 3.6}{120 \times 20} = 0.36$

3. 두 번째 유역의 강우강도를 구한다.

$I_2 = \frac{3600}{60+10} = \frac{360}{7}mm/hr$

4. 동일한 유출계수 $C = 0.36$을 두 번째 유역에 적용한다.

$Q_2 = \frac{0.36 \times (360/7) \times 70}{3.6} = 360m^3/s$

선지 판단

① X — $180m^3/s$는 계산 결과 $360m^3/s$의 절반이므로 틀리다. 올바른 첨두유출량은 $360m^3/s$이다.

② X — $240m^3/s$는 첫 번째 유역의 첨두유출량을 그대로 사용한 값이므로 틀리다. 두 번째 유역의 면적과 도달시간을 적용하면 $360m^3/s$이다.

③ O — 동일한 유출계수 $C = 0.36$, 두 번째 유역의 강우강도 $I_2 = 360/7mm/hr$, 면적 $A_2 = 70km^2$를 합리식에 대입하면 $360m^3/s$가 된다.

④ X — $840m^3/s$는 두 번째 유역에 첫 번째 유역의 강우강도 $120mm/hr$를 잘못 적용하면 나오는 값이다. 두 번째 유역의 도달시간 $60min$으로 강우강도를 다시 구해야 하므로 올바른 값은 $360m^3/s$이다.

오답 포인트

유역면적만 바꾸고 첫 번째 유역의 강우강도를 그대로 쓰면 ④가 나온다. 강우강도는 도달시간에 따라 달라지므로 두 번째 유역의 $t = 60min$을 강우강도식에 다시 대입해야 한다. 또한 합리식에서 I를 mm/hr, A를 km^2로 사용할 때는 단위 환산을 위해 3.6으로 나눈다.

다시 나오면 이렇게 판단

동일한 유출계수가 주어진 비교 문제에서는 먼저 기준 유역의 도달시간으로 강우강도를 구하고 유출계수를 역산한다. 이어서 대상 유역의 도달시간으로 강우강도를 새로 구한 뒤, 대상 면적과 함께 합리식에 대입하고 단위를 검산한다.

암기 포인트

합리식은 $Q = CIA/3.6$이고, 도달시간이 달라지면 강우강도 I도 반드시 다시 계산한다.

NoteBase

문 18. 사각형 수평수로에서 도수가 발생하고 있다. 수로 폭은 10m, 유량은 $36\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$이고, 도수 전 수심이 0.6m일 때 도수 후 수심[m]은? (단, 중력가속도는 $10\mathrm{m}/\mathrm{s}^2$로 가정한다)

① 1.5

② 1.8

③ 2.1

④ 2.4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 사각형 수로에서 도수 전후의 공액수심 관계식을 이용하여 도수 후 수심을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 유량은 $Q = 36m^3/s$, 수로 폭은 $b = 10m$, 도수 전 수심은 $y_1 = 0.6m$, 중력가속도는 $g = 10m/s^2$이다. 단위폭당 유량은 $q = Q/b = 36/10 = 3.6m^2/s$이다.

사용할 공식

사각형 수로의 도수 전후 공액수심은 $\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1\right)$이고, 도수 전 프루드수는 $Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gy_1}}$, $V_1 = \frac{Q}{by_1}$이다. 도수는 운동량 방정식으로 전후 수심이 연결되므로 이 공액수심식을 사용한다.

계산 과정

1. 도수 전 평균유속은 $V_1 = 36/(10 \times 0.6) = 6m/s$이다.
2. 프루드수의 제곱은 $Fr_1^2 = V_1^2/(gy_1) = 6^2/(10 \times 0.6) = 6$이다.
3. 공액수심식에 대입하면 $y_2 = 0.6 \times \frac{1}{2}(\sqrt{1 + 8 \times 6} - 1) = 0.3(7 - 1) = 1.8m$이다.

선지 판단

① X: 도수 후 수심은 $1.5m$가 아니다. 계산값은 $1.8m$이므로, 틀린 표현 '1.5'는 '1.8'로 고쳐야 한다.

② O: 공액수심 계산 결과가 $1.8m$이므로 옳다.

③ X: 도수 후 수심은 $2.1m$가 아니다. 틀린 표현 '2.1'은 '1.8'로 고쳐야 한다.

④ X: 도수 후 수심은 $2.4m$가 아니다. 틀린 표현 '2.4'는 '1.8'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

도수 전 수심 y_1을 그대로 식에 넣지 않고 먼저 V_1과 Fr_1을 구해야 한다. 특히 Fr_1^2를 구할 때 $gy_1 = 10 \times 0.6$을 누락하면 공액수심이 달라진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

사각형 수로의 도수 문제는 $Q/(by_1)$로 도수 전 유속을 구한 뒤, Fr_1을 계산하고 공액수심식에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

사각형 수로 도수: $V_1 \rightarrow Fr_1 \rightarrow y_2$ 순서이며, 이 문항에서는 $6m/s \rightarrow Fr_1^2 = 6 \rightarrow 1.8m$이다.

NoteBase

문 19. 어떤 유역의 토지이용상태별, 토양군별 유출곡선지수는 표와 같다. 이 유역에 30.8mm의 비가 내렸다면 유효우량[mm]은? (단, 선행토양함수조건은 AMC-II로 가정하고, 계산은 소수점 둘째 자리에서 반올림한다)

토지이용상태	토양군	면적(km^2)	유출곡선지수
초지	A	4	40
경작지	B	2	50
주거지역	B	4	60

① 0.0

② 1.7

③ 2.0

④ 28.5

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 토지이용별 면적가중 유출곡선지수(CN)를 구한 뒤 SCS-CN법으로 유효우량을 판단하는 문제이다.

조건 정리

총 유역면적은 $4+2+4=10km^2$이다.
면적가중 CN은 $CN=(4\times40+2\times50+4\times60)/10=50$이다.
강우량은 $P=30.8mm$이고, 선행토양함수조건은 AMC-II이다.

사용할 공식

AMC-II에서 잠재최대저류량은 $S=25400/CN-254$로 계산한다. 유효우량 Q는 $P>0.2S$일 때만 $Q=(P-0.2S)^2/(P+0.8S)$를 적용하며, $P\le0.2S$이면 $Q=0$이다. 이 문제는 강우량이 초기손실 $0.2S$를 넘는지부터 판단해야 한다.

계산 과정

1. $S=25400/50-254=254mm$이다.
2. 초기손실은 $0.2S=0.2\times254=50.8mm$이다.
3. $P=30.8mm<50.8mm$이므로 직접유출이 시작되지 않는다. 따라서 유효우량은 $Q=0.0mm$이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 강우량 30.8mm가 초기손실 50.8mm보다 작으므로 유효우량은 0.0mm이다.
② X: 1.7mm는 유효우량이 아니다. 틀린 값 1.7mm → 올바르게는 유효우량이 0.0mm이다.
③ X: 2.0mm는 유효우량이 아니다. 틀린 값 2.0mm → 올바르게는 유효우량이 0.0mm이다.
④ X: 28.5mm는 유효우량이 아니다. 틀린 값 28.5mm → 올바르게는 유효우량이 0.0mm이다.

오답 포인트

유출공식을 바로 대입하는 실수가 함정이다. SCS-CN법에서는 먼저 $P > 0.2S$인지 확인하며, 이 조건을 만족하지 않으면 분수식 계산 없이 유효우량이 0이다.

다시 나오면 이렇게 판단

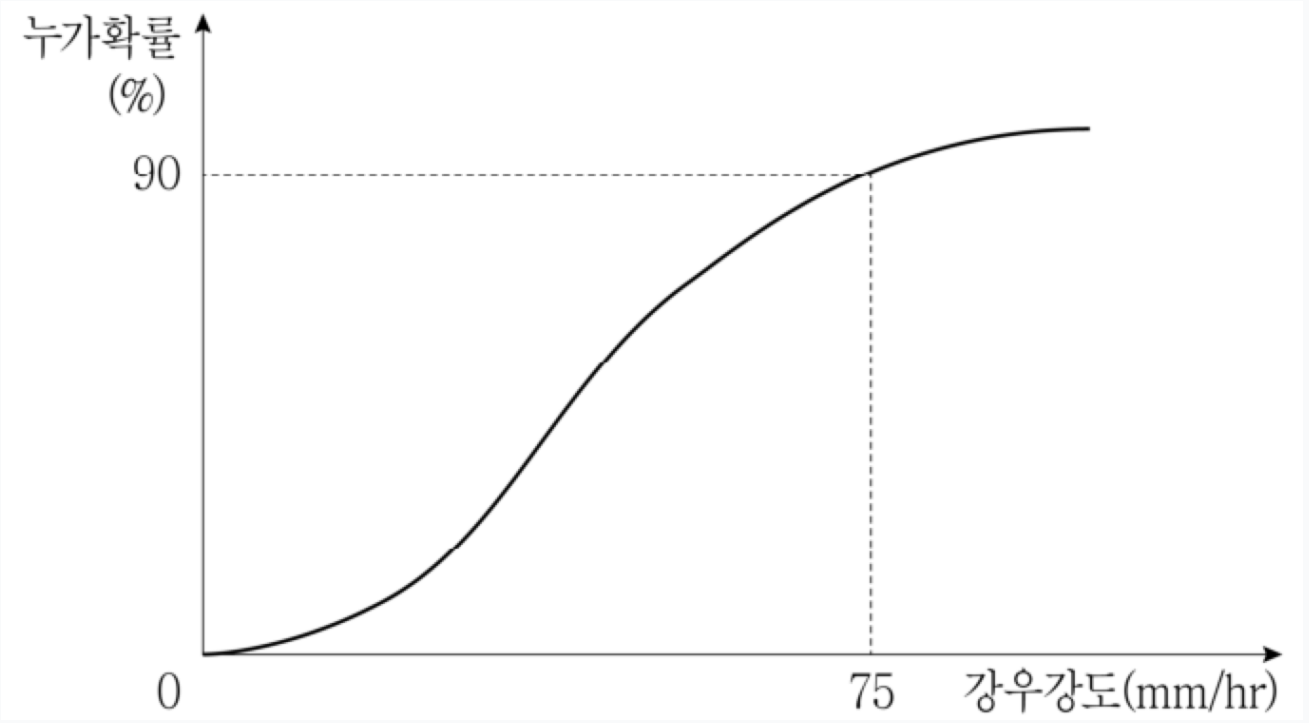
토지이용별 CN 문제는 면적가중 CN을 구하고, S와 $0.2S$를 계산한 뒤, P가 $0.2S$를 초과하는지 판단한다. 초과할 때만 유출공식을 적용한다.

암기 포인트

SCS-CN법은 $P \le 0.2S$이면 $Q = 0$이다.

NoteBase

문 20. 그림은 어느 도시의 지속기간 1시간 연최대강우량의 누가확률분포함수를 나타낸 것이다. 1시간 지속기간 75mm 이상의 강우량이 3년 동안 1번 이상 발생할 확률[%]은?



① 19.0

② 27.1

③ 72.9

④ 81.0

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 누가확률분포에서 연간 초과확률을 구한 뒤, 3년 동안 1회 이상 발생할 확률을 여사건으로 계산하는 문제이다.

조건 정리

그래프에서 1시간 지속기간 강우량이 75 mm 이하일 누가확률은 90%이다. 따라서 75 mm 이상 강우의 연간 발생확률은 10%로 본다. 구할 값은 이 강우가 3년 동안 1회 이상 발생할 확률이다.

사용할 공식

각 해의 발생이 서로 독립일 때, 3년 동안 1회 이상 발생할 확률은 $1-(1-p)^3$이다. 여기서 $p=0.10$이다. 직접 '1회 이상'을 세기보다, 한 번도 발생하지 않을 확률을 1에서 빼면 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 75 mm에서 누가확률이 90%이므로 P(X≤75 mm)=0.90이다.
2. 연간 75 mm 이상 발생확률은 $p = 1 - 0.90 = 0.10$이다.
3. 3년 동안 한 번도 발생하지 않을 확률은 $(1-p)^3 = 0.9^3 = 0.729$이다.
4. 따라서 3년 동안 1회 이상 발생할 확률은 $1 - 0.729 = 0.271 = 27.1\%$이다.

선지 판단

① X: 계산 결과는 27.1%이므로 19.0%는 틀리다. 올바른 값은 27.1%이다.
② O: 3년 동안 1회 이상 발생할 확률은 $1 - 0.9^3 = 27.1\%$이므로 옳다.
③ X: 72.9%는 3년 동안 한 번도 발생하지 않을 확률 0.9^3에 해당한다. '1회 이상 발생할 확률'은 72.9%가 아니라 27.1%이다.
④ X: 81.0%는 연간 초과확률 10%를 단순히 잘못 누적한 값이다. 독립시행의 1회 이상 확률은 81.0%가 아니라 27.1%이다.

오답 포인트

그래프의 90%는 75 mm 이하일 확률이므로, 75 mm 이상의 확률로 바로 쓰면 안 된다. 또한 3년의 '1회 이상'은 3년 무발생확률 72.9%의 여사건이므로 27.1%가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

누가확률 그래프에서는 먼저 기준값 이하의 확률을 읽고, '이상' 또는 '초과' 조건이면 여사건으로 바꾼다. 여러 기간 중 1회 이상은 각 기간 무발생확률을 곱한 뒤 1에서 뺀다.

암기 포인트

누가확률 90% → 초과확률 10%, 3년 1회 이상 → $1 - 0.9^3$이다.

NoteBase