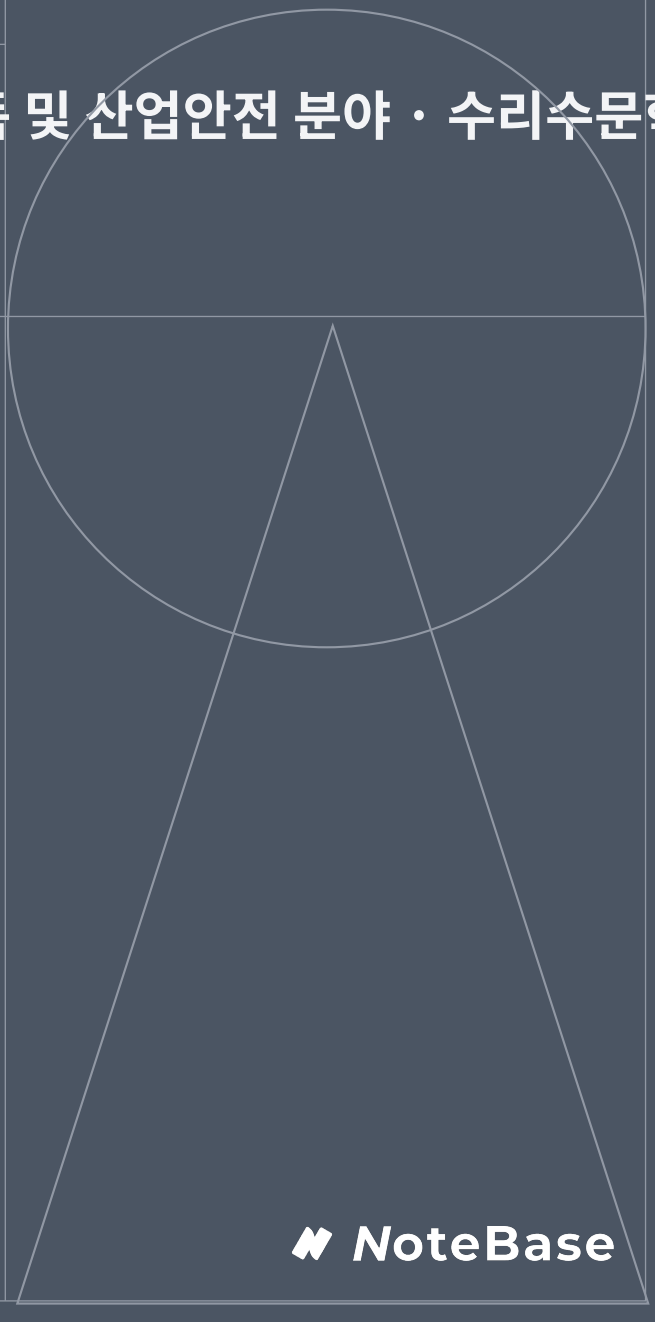
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 수리수문학 · 2



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 수리수문학 · 2025 · 2차

공무원/국가직/7급 근로감독 및 산업안전 분야 · 수리수문학 · 2025 · 2차

문 1. 수로경사가 0.0001, Manning의 조도계수가 0.01인 직사각형 단면의 개수로에 $8m^3/s$의 유량이 흐를 때, 최적수로단면의 면적$[m^2]$은?

① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 직사각형 개수로의 최적수리단면 조건과 Manning 공식을 이용해 단면적을 구하는 계산형 문항이다.

조건 정리

주어진 값:
- 수로경사 $S = 0.0001$
- Manning 조도계수 $n = 0.01$
- 유량 $Q = 8m^3/s$
- 직사각형 단면의 최적수리단면

구해야 할 값:
- 단면적 A

주의할 조건:
- 직사각형 최적수리단면에서는 폭 $b = 2y$이다.
- 따라서 단면적은 $A = by = 2y^2$, 수리반지름은 $R = A/P = y/2$가 된다.

사용할 공식

Manning 공식은 $Q = \frac{1}{n}AR^{2/3}S^{1/2}$이다.
이 문제는 균일류 개수로에서 유량, 경사, 조도계수가 주어졌고 최적단면의 크기를 묻고 있으므로 Manning 공식을 사용한다. 또 직사각형 최적수리단면 조건을 함께 적용해야 미지수를 하나로 정리할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

먼저 $\frac{1}{n}S^{1/2} = \frac{1}{0.01} \times (0.0001)^{1/2} = 100 \times 0.01 = 1$이므로

$Q = AR^{2/3}$

가 된다.

직사각형 최적수리단면에서 $A = 2y^2, R = y/2$이므로

$8 = 2y^2\left(\frac{y}{2}\right)^{2/3} = 2^{1/3}y^{8/3}$

이다.

따라서

$y^{8/3} = \frac{8}{2^{1/3}} = 2^{8/3}$

이므로 $y = 2m$이다.

그러면 단면적은

$A = 2y^2 = 2 \times 2^2 = 8m^2$

가 된다.

선지별 해설

① X

- 계산 결과 단면적은 $8m^2$이므로 $2m^2$는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 면적이 $2m^2$라는 값이며, 올바르게는 $8m^2$이다.
- 이 값은 $R^{2/3}$ 항이나 최적단면 조건을 빠뜨리면 나올 수 있는 오답이다.

② X

- $y = 2m$까지 구한 뒤에도 단면적은 $A = 2y^2$로 계산해야 하므로 $4m^2$는 틀리다.
- 틀린 표현은 면적이 $4m^2$라는 값이며, 올바르게는 $8m^2$이다.
- 이 값은 폭 $b = 2y$만 구해 놓고 단면적 공식을 $A = 2y$처럼 잘못 쓰면 생기는 오답이다.

③ X

- 최적수리단면 조건을 적용하면 단면적은 정확히 $8m^2$이므로 $6m^2$는 일치하지 않는다.
- 틀린 표현은 면적이 $6m^2$라는 값이며, 올바르게는 $8m^2$이다.
- 이 값은 $A = by$ 계산 과정에서 산술오차를 내거나 $b = 2y$ 관계를 끝까지 유지하지 못할 때 생길 수 있는 오답이다.

④ O

- Manning 공식과 직사각형 최적수리단면 조건을 함께 적용하면 $y = 2m$, $A = 8m^2$가 된다.
- 따라서 $8m^2$를 제시한 ④가 옳다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 최적수리단면이라는 조건을 읽고도 일반 직사각형처럼 두 미지수를 따로 두거나, $b = 2y$를 단면적 공식에 끝까지 반영하지 않는 데 있다. 또 $\frac{1}{n}S^{1/2} = 1$로 간단해진 뒤 $Q = A$로 오해하면 오답이 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

개수로 계산형 문제는 먼저 최적단면 조건을 기하식으로 바꾸고, 다음에 Manning 공식에 대입해 미지수를 하나로 줄인 뒤, 마지막에 단면적을 다시 계산하는 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

직사각형 최적수리단면은 $b = 2y$, $A = 2y^2$, $R = y/2$로 바로 연결된다.

NoteBase

문 2. 관수로와 개수로에서 흐름이 층류인 경우 레이놀즈수 Re를 바르게 연결한 것은?

① 관수로: 1,600, 개수로: 400

② 관수로: 1,600, 개수로: 900

③ 관수로: 3,200, 개수로: 400

④ 관수로: 3,200, 개수로: 900

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 관수로와 개수로의 층류 레이놀즈수 기준을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

관수로: 관을 가득 채운 압력유동이며 층류 기준은 보통 $Re < 2{,}000$이다.
개수로: 자유수면이 있는 유동이며 층류 기준은 보통 $Re < 500$이다.
따라서 층류 값으로는 관수로 1,600, 개수로 400의 조합이 맞다.

선지별 해설

① O. 관수로 1,600은 $Re < 2{,}000$이므로 층류이고, 개수로 400은 $Re < 500$이므로 층류이다.
② X. 틀린 부분은 개수로 900이다. 개수로 900은 층류가 아니라 천이영역에 해당하므로, 올바르게는 개수로 400처럼 500 미만이어야 한다.
③ X. 틀린 부분은 관수로 3,200이다. 관수로 3,200은 층류가 아니라 천이영역에 해당하므로, 올바르게는 관수로 1,600처럼 2,000 미만이어야 한다.
④ X. 관수로 3,200과 개수로 900은 모두 층류 기준을 넘는다. 올바르게는 관수로 1,600, 개수로 400의 조합이어야 한다.

오답 포인트

관수로와 개수로 모두 같은 레이놀즈수 기준을 쓴다고 생각하면 ②나 ③으로 흔들린다. 이 문제는 유동 형태가 달라서 층류 한계값도 다르다는 점을 노린다.

다시 나오면 이렇게 판단

관수로는 2,000 미만, 개수로는 500 미만이라는 두 기준을 먼저 분리해서 본다. 그다음 각 선택지의 두 수가 각각 해당 한계값 아래에 있는지만 확인하면 된다.

암기 포인트

관수로 층류는 2,000 미만, 개수로 층류는 500 미만이다.

NoteBase

문 3. 유출수문곡선을 직접유출과 기저유출로 분리하는 방법에 해당하지 않는 것은?

① N-day법
② 가변경사법
③ 합성단위도법
④ 수평직선 분리법

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 유출수문곡선에서 직접유출과 기저유출을 분리하는 방법과 단위도 산정 기법을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

기저유출 분리법은 총유출 수문곡선에서 기저유출선을 가정하여 직접유출 부분만 떼어 내는 방법이다. N-day법, 가변경사법, 수평직선 분리법이 여기에 해당한다.
합성단위도법은 유역 특성으로 단위도를 추정하는 방법으로, 직접유출 수문곡선을 분리하는 기저유출 분리법과 목적이 다르다.

선지별 해설

① O: N-day법은 강우 후 일정 일수 N이 지나면 직접유출이 끝난다고 보고 그 시점까지를 직접유출로 분리하는 대표적인 기저유출 분리법이다.
② O: 가변경사법은 감수부의 경사를 반영하여 기저유출선을 그리는 방법이므로 직접유출과 기저유출의 분리에 해당한다.
③ X: 틀린 부분은 "합성단위도법"이다. 합성단위도법은 미계측 유역 등에서 단위도를 추정하는 방법이지, 관측된 유출수문곡선을 직접유출과 기저유출로 분리하는 방법은 아니다.
④ O: 수평직선 분리법은 홍수 전 기저유출량을 수평으로 연장하여 직접유출을 분리하는 가장 기본적인 기저유출 분리법이다.

오답 포인트

③은 이름에 "단위도"가 들어가서 수문곡선 처리 기법처럼 보이지만, 실제로는 기저유출 분리가 아니라 단위도 추정 기법이다. 유출수문곡선을 나누는 방법인지, 단위도를 만드는 방법인지 목적을 구분하지 못하면 혼동하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지의 목적을 먼저 본다. 총유출 수문곡선에서 기저유출선을 그어 직접유출을 떼어 내면 분리법이고, 유역 응답특성이나 단위유출수문곡선을 만드는 기법이면 분리법이 아니다.

NoteBase

암기 포인트

기저유출 분리법은 수문곡선을 나누는 방법이고, 합성단위도법은 단위도를 만드는 방법이다.

NoteBase

문 4. 수위-유량관계곡선에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 같은 수위라도 수위 하강 시 유량이 상승 시 유량보다 더 크다.

② 배수효과가 발생하는 경우 수위-유량관계곡선의 조정을 위해 일정수위하강고 방법이 적용될 수 있다.

③ 수위-유량관계곡선을 연장하는 방법에는 전대수지법과 Stevens 방법 등이 있다.

④ 유량측정 지점의 수면경사가 배수 영향을 받는 경우 수위-유량측정 자료의 분산이 커진다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 수위-유량관계곡선에서 같은 수위의 상승기·하강기 유량 차이, 배수효과 보정, 곡선 연장 방법을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

수위-유량관계곡선은 관측 수위를 유량에 대응시키는 관계곡선이다.
비정상류가 지배하는 홍수파의 상승기와 하강기에는 같은 수위라도 수면경사가 달라져 유량이 같지 않을 수 있으며, 이때 이력곡선(loop)이 나타난다.
배수효과가 있으면 하류 수위 영향 때문에 수위만으로 유량이 일의적으로 결정되지 않아 수위하강고 같은 보조 인자를 함께 써서 보정한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
틀린 부분은 "수위 하강 시 유량이 상승 시 유량보다 더 크다"이다.
같은 수위에서는 일반적으로 상승기 유량이 하강기 유량보다 더 크다. 상승기에는 수면경사가 더 커지는 경향이 있어 같은 수위에서도 더 많은 유량이 흐르기 때문이다.
올바르게는 "같은 수위라도 수위 상승 시 유량이 하강 시 유량보다 더 크다"이다.

② O
배수효과가 발생하면 하류의 영향으로 동일한 수위에 여러 유량이 대응할 수 있어 원래의 단일 수위-유량관계가 흐트러진다.
이때 수위하강고를 함께 이용하는 보정법을 적용할 수 있으므로 옳은 설명이다.

③ O
고수위 구간은 실측 자료가 부족한 경우가 많아 기존 수위-유량관계곡선을 상부로 연장할 필요가 있다.
전대수지법과 Stevens 방법은 이러한 연장에 사용하는 방법들에 해당하므로 옳은 설명이다.

④ O
유량측정 지점의 수면경사가 배수 영향을 받으면 같은 수위에서도 유량이 달라진다.
그 결과 실측한 수위-유량 자료가 한 곡선에 모이지 않고 산포가 커지므로 옳은 설명이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 같은 수위라는 말만 보고 상승기와 하강기의 유량 대소를 뒤집는 점이다. 이 문항은 ①에서 그 방향을 반대로 써 놓았고, ②와 ④는 모두 배수효과가 생기면 단일 관계가 무너지고 산포와 보정 필요성이 커진다는 같은 축을 묻고 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

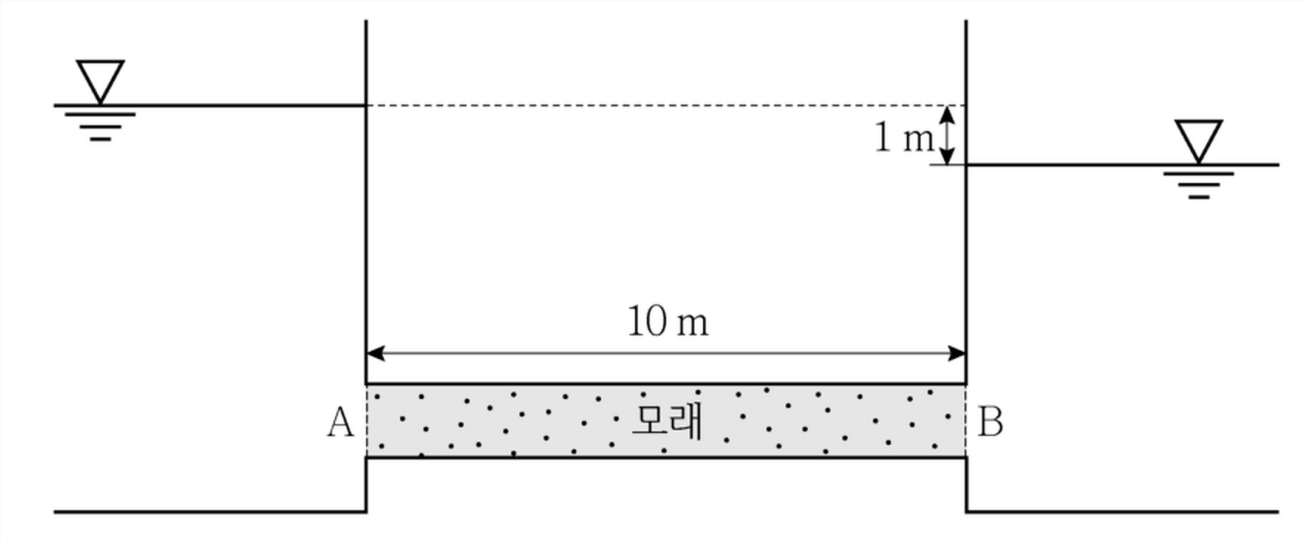
발문이 옳은 것인지 옳지 않은 것인지 먼저 확인한 뒤, 같은 수위 비교가 나오면 상승기 유량과 하강기 유량의 대소를 먼저 본다. 배수효과가 보이면 수위만으로 유량이 일의적으로 정해지지 않아 산포가 커지고 보정이 필요하다고 판단하면 된다.

암기 포인트

같은 수위는 상승기 유량 > 하강기 유량, 배수효과는 산포 증가와 보정 필요이다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 수위 차이가 1m인 두 개의 수조를 연결(A-B)하는 길이 10m인 관로에 모래가 채워져 있다. 관 내부 모래의 투수계수가 0.02cm/s일 때, 관로의 단면평균유속[cm/s]은?



① 0.0002

② 0.002

③ 0.02

④ 0.2

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 다르시 법칙을 이용해 수두경사와 투수계수로 관로의 단면평균유속을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 수두차 1m, 관로 길이 10m, 투수계수 0.02cm/s이다.
구해야 할 값: 관로의 단면평균유속이다.
주의할 조건: 단면평균유속은 실제 공극유속이 아니라 다르시 유속이며, 동수경사는 $i = \Delta h/L$이다.

사용할 공식

$v = ki = k\frac{\Delta h}{L}$
이 공식을 쓰는 이유: 포화된 다공매질 내부의 단면평균유속은 투수계수 k와 동수경사 i의 곱으로 구하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 수두차와 길이로 동수경사를 구하면 $i = \Delta h/L = 1/10 = 0.1$이다.
2. 다르시 법칙을 적용하면 $v = ki = 0.02 \times 0.1$이다.
3. 따라서 $v = 0.002 cm/s$이다.

선지 판단

① X
- 계산값은 $0.002 cm/s$이므로 0.0002cm/s는 맞지 않는다.
- 틀린 표현 → 올바르게는 단면평균유속은 0.002cm/s이다.
- 이 값은 동수경사를 0.01로 잘못 잡았을 때 나오는 오답이다.

② O
- 동수경사 $i = 0.1$을 적용하면 $v = 0.02 \times 0.1 = 0.002 cm/s$이므로 옳다.

③ X
- 0.02cm/s는 투수계수 자체의 값일 뿐 단면평균유속이 아니다.
- 틀린 표현 → 올바르게는 단면평균유속은 투수계수에 동수경사 0.1을 곱한 0.002cm/s이다.

④ X
- 0.2cm/s는 계산값보다 100배 크므로 맞지 않는다.
- 틀린 표현 → 올바르게는 단면평균유속은 0.2cm/s가 아니라 0.002cm/s이다.
- 이 값은 수두차와 길이의 비를 곱셈 방향으로 잘못 처리했을 때의 오답이다.

오답 포인트

투수계수 k와 단면평균유속 v를 같은 값으로 보는 실수가 가장 흔하다. 또한 수두차 1m와 관로 길이 10m를 보고 동수경사를 $1/10 = 0.1$로 두어야 하는데, 이를 10이나 0.01로 잘못 두면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

다공매질 유속 문제는 먼저 수두차와 흐름길이로 동수경사 i를 구하고, 그다음 $v = ki$를 적용해 투수계수와 유속을 구분해서 판단한다.

암기 포인트

다르시 유속은 투수계수×동수경사이며, $i = \Delta h/L$이다.

NoteBase

문 6. 일정한 비에너지E_o를 가지는 직사각형 단면의 개수로 흐름이 한계류일 때, 한계수심y_c과 비에너지E_o의 관계는? (단, 에너지 보정계수는 1.0이다)

① $y_c = \frac{1}{4}E_o$
② $y_c = \frac{1}{3}E_o$
③ $y_c = \frac{1}{2}E_o$
④ $y_c = \frac{2}{3}E_o$

정답 4번

출제 포인트

직사각형 개수로의 한계류에서 비에너지와 한계수심의 관계식 $E_o = \frac{3}{2}y_c$, 즉 $y_c = \frac{2}{3}E_o$를 도출하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건은 직사각형 단면의 개수로 흐름, 한계류, 에너지 보정계수 1.0이다. 구해야 할 값은 한계수심 y_c와 비에너지 E_o의 관계이다.

사용할 공식

비에너지는 $E = y + \frac{v^2}{2g} = y + \frac{q^2}{2gy^2}$ 이고, 직사각형 개수로의 한계상태는 $\frac{dE}{dy} = 0$ 이므로 $q^2 = gy_c^3$ 이다. 이 관계를 비에너지식에 대입하면 한계류의 비에너지를 구할 수 있다.

계산 과정

한계류에서 $E_o = E_c = y_c + \frac{q^2}{2gy_c^2}$ 이다. 또 $q^2 = gy_c^3$ 이므로 $\frac{q^2}{2gy_c^2} = \frac{gy_c^3}{2gy_c^2} = \frac{y_c}{2}$ 이다. 따라서 $E_o = y_c + \frac{y_c}{2} = \frac{3}{2}y_c$ 이고, 정리하면 $y_c = \frac{2}{3}E_o$ 이다.

선지별 해설

① X. $y_c = \frac{1}{4}E_o$ 라면 $E_o = 4y_c$ 가 되는데, 한계류의 실제 관계식 $E_o = \frac{3}{2}y_c$ 와 다르다. 틀린 표현은 "$y_c = \frac{1}{4}E_o$ "이고, 올바르게는 "$y_c = \frac{2}{3}E_o$"이다. ② X. $y_c = \frac{1}{3}E_o$ 도 한계류 관계식을 만족하지 않는다. 틀린 표현은 "$y_c = \frac{1}{3}E_o$"이고, 올바르게는 "$y_c = \frac{2}{3}E_o$"이다. ③ X. $y_c = \frac{1}{2}E_o$ 이면 $E_o = 2y_c$ 가 되므로 한계류에서 속도수두가 $\frac{y_c}{2}$ 가 되는 조건과 맞지 않는다. 틀린 표현은 "$y_c = \frac{1}{2}E_o$"이고, 올바르게는 "$y_c = \frac{2}{3}E_o$"이다. ④ O. 한계류에서는 $E_o = \frac{3}{2}y_c$ 이므로 $y_c = \frac{2}{3}E_o$ 가 되어 옳다.

오답 포인트

한계류에서는 비에너지가 수심과 같지 않고, 직사각형 단면에서 속도수두가 $\frac{y_c}{2}$ 로 정리된다는 점을 놓치기 쉽다. 이 문항은 그 결과인 $E_c = \frac{3}{2}y_c$ 를 기억하는지를 묻는다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

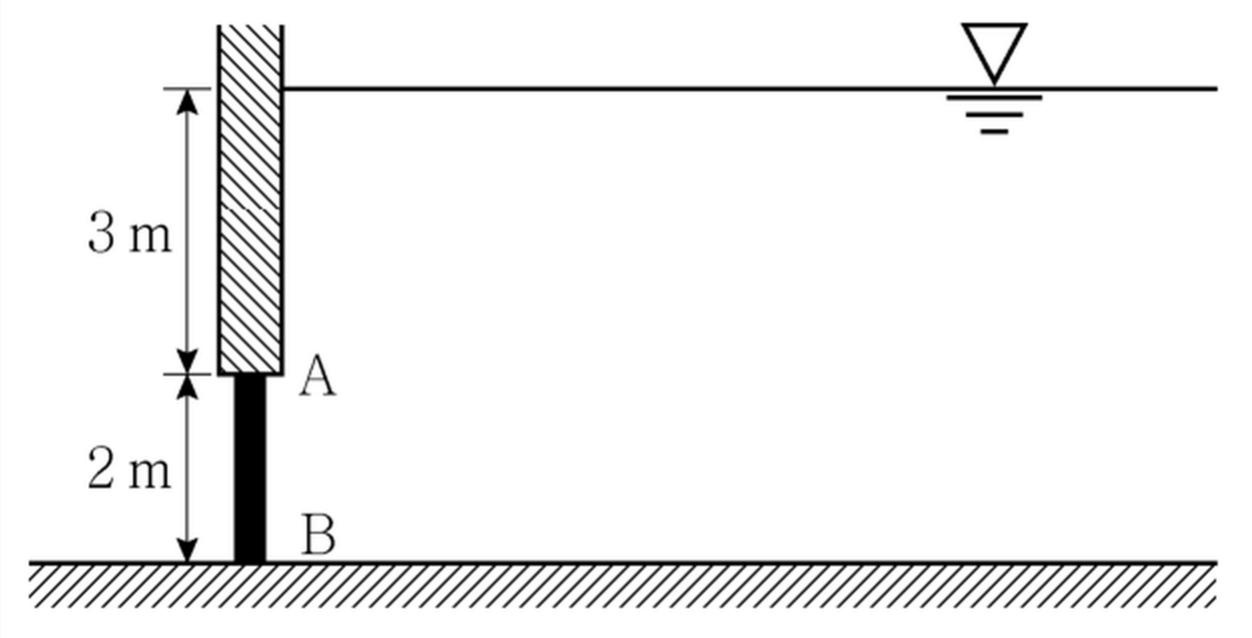
직사각형 개수로의 한계류가 보이면 먼저 $E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$ 와 $q^2 = gy_c^3$ 를 연결해 $E_c = \frac{3}{2}y_c$ 를 만든 뒤, 이를 $y_c = \frac{2}{3}E_c$ 로 바꾸어 선택지를 판단한다.

암기 포인트

직사각형 개수로 한계류는 $E_c = \frac{3}{2}y_c$, 따라서 $y_c = \frac{2}{3}E_c$ 이다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 자유수면 아래 A-B에 설치된 수문의 폭이 1.5m이고, 물의 흐름은 없다. 수문에 작용하는 힘[kN]은? (단, 물의 단위중량은 10kN/m^3이다)



① 90

② 120

③ 150

④ 180

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 수직 평면에 작용하는 정수압 합력 $F = \gamma h_c A$를 이용해 수문에 작용하는 힘을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 수문 폭은 1.5m, A-B 높이는 2m, 자유수면에서 A까지 깊이는 3m이다.
구해야 할 값: 수문 A-B에 작용하는 정수압 합력이다.
주의할 조건: 정수압은 깊이에 따라 선형으로 증가하므로 한 점의 압력을 그대로 전체 면적에 곱하면 안 되고, 수문의 무게중심 수심을 써야 한다.

NoteBase

사용할 공식

수직 평면에 작용하는 정수압 합력은 $F = \gamma h_c A$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: A-B는 폭이 일정한 직사각형 수문이고 물의 흐름이 없으므로, 자유수면 아래 잠긴 평면에 대한 정수압 합력 공식을 그대로 적용할 수 있다.

계산 과정

1. 수문 면적은 $A = 1.5 \times 2 = 3m^2$ 이다.
2. 수문 위끝 A의 깊이는 3m, 아래끝 B의 깊이는 5m이므로 무게중심 수심은 $h_c = \frac{3+5}{2} = 4m$ 이다.
3. 따라서 작용력은 $F = \gamma h_c A = 10 \times 4 \times 3 = 120kN$ 이다.

선지별 해설

① X
90 kN은 자유수면 아래 3m 지점인 A에서의 압력 $30kN/m^2$만을 수문 전체에 등분포로 잘못 적용한 값이다. 압력은 A에서 B로 갈수록 더 커지므로 평균 압력은 이것보다 크다. 틀린 표현은 "작용력이 90 kN이다"이고, 올바르게는 "작용력은 120 kN이다"이다.

② O
수문 면적은 $3m^2$, 무게중심 수심은 $4m$이므로 $F = 10 \times 4 \times 3 = 120kN$ 이다. 자유수면 아래 잠긴 수직 직사각형 수문의 합력을 정확히 계산한 값이므로 옳다.

③ X
150 kN은 아래끝 B의 압력 $50kN/m^2$를 수문 전체에 그대로 곱한 값이다. 실제 합력은 위쪽의 더 작은 압력과 아래쪽의 더 큰 압력을 평균한 효과로 계산해야 한다. 틀린 표현은 "작용력이 150 kN이다"이고, 올바르게는 "작용력은 무게중심 수심 4m를 사용한 120 kN이다"이다.

④ X
180 kN은 평균 압력을 실제보다 크게 잡아 수압분포를 과대평가한 값이다. 이 수문의 평균 수심은 4m이므로 평균 압력은 $40kN/m^2$이어야 하고, 합력은 $40 \times 3 = 120kN$ 이다. 틀린 표현은 "작용력이 180 kN이다"이고, 올바르게는 "작용력은 120 kN이다"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 수문의 위끝 깊이 3m나 아래끝 깊이 5m를 그대로 넣는 실수이다. 정수압 합력은 한 점의 압력이 아니라 잠긴 면의 무게중심 수심을 써야 하므로, 3m와 5m의 중간인 4m를 잡는지가 핵심이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

직사각형 수문 정수압 문제는 자유수면에서 수문 위끝과 아래끝의 깊이를 먼저 읽고, 무게중심 수심을 구한 뒤 $F = \gamma h_c A$를 적용하면 된다. 한 점의 압력을 전체 면적에 곱한 값이 아닌지를 마지막에 검산하면 오답을 줄일 수 있다.

암기 포인트

정수압 합력은 끝점 수심이 아니라 면의 무게중심 수심으로 계산한다.

NoteBase

문 8. 물리량의 차원이 다른 것은?

① 동점성계수
② 투수계수
③ 유속
④ 강우강도

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 수리량의 기본 차원을 비교하여 서로 다른 차원을 갖는 양을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

동점성계수는 점성계수를 밀도로 나눈 값으로 차원이 L^2T^{-1}이다. 투수계수는 단위 시간당 유체가 이동하는 길이의 성격을 가져 차원이 LT^{-1}이다. 유속은 단위 시간당 이동거리이므로 LT^{-1}이다. 강우강도는 단위 시간당 강우깊이이므로 LT^{-1}이다.

선지별 해설

① O: 동점성계수의 차원은 L^2T^{-1}이므로 나머지 세 양과 다르다.
② X: 투수계수의 차원은 LT^{-1}이다. 차원이 다른 양이 아니라 유속, 강우강도와 같은 차원의 양이다.
③ X: 유속의 차원은 LT^{-1}이다. 차원이 다른 양이 아니라 투수계수, 강우강도와 같은 차원의 양이다.
④ X: 강우강도의 차원은 LT^{-1}이다. 차원이 다른 양이 아니라 투수계수, 유속과 같은 차원의 양이다.

오답 포인트

동점성계수와 투수계수를 모두 흐름과 관련된 계수로만 기억하면 둘의 차원을 같게 오해하기 쉽다. 동점성계수는 길이 제곱이 들어가고, 나머지 세 양은 모두 길이 1차에 시간 역수만 붙는다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 물리량을 단위 시간당 길이인지, 길이 제곱이 포함된 확산 성격의 양인지로 먼저 나눈다. 단위가 m/s 꼴이면 LT^{-1}, 단위가 m^2/s 꼴이면 L^2T^{-1}로 판단할 수 있다.

암기 포인트

동점성계수는 m^2/s, 투수계수·유속·강우강도는 m/s이다.

NoteBase

문 9. 직경이 0.5m인 원형관을 통해 0.3 m^3/s의 물이 흐르고 있다. 원형관의 단면평균유속[m/s]은? (단, 원형관은 물로 채워져 있으며, 원주율은 3으로 계산한다)

① 0.8

② 1.6

③ 2.4

④ 3.2

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 유량과 원형관의 단면적 관계 $V = Q/A$를 이용해 단면평균유속을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 직경 0.5m, 유량 0.3m^3/s, 원주율 3
구해야 할 값: 원형관의 단면평균유속 m/s
주의할 조건: 관이 물로 가득 차 있으므로 반단면이 아니라 전체 원형 단면적을 사용한다.

사용할 공식

단면평균유속은 $V = Q/A$이다.
원형 단면적은 $A = \pi r^2$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 유량은 단면적과 평균유속의 곱이므로, 관이 가득 찬 원형관에서는 전체 단면적을 구한 뒤 Q/A로 평균유속을 계산할 수 있다.

계산 과정

직경이 0.5m이므로 반지름은 $r = 0.25m$이다.
단면적은 $A = \pi r^2 = 3 \times 0.25^2 = 3 \times 0.0625 = 0.1875m^2$이다.
따라서 평균유속은 $V = Q/A = 0.3/0.1875 = 1.6m/s$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 계산 결과는 0.8m/s가 아니라 1.6m/s이다. 틀린 표현은 유속을 0.8m/s로 본 점이며, 올바르게는 1.6m/s이다.
② O: $V = Q/A$로 계산하면 1.6m/s가 되어 정답과 일치한다.
③ X: 계산 결과는 2.4m/s가 아니라 1.6m/s이다. 틀린 표현은 유속을 2.4m/s로 본 점이며, 올바르게는 1.6m/s이다.
④ X: 계산 결과는 3.2m/s가 아니라 1.6m/s이다. 틀린 표현은 유속을 3.2m/s로 본 점이며, 올바르게는 1.6m/s이다.

오답 포인트

직경을 반지름으로 바꾸지 않거나, 관이 가득 찼다는 조건을 놓치고 단면적을 잘못 잡으면 오답이 된다. 이 문제의 함정은 원형 단면적 계산에서 $r = 0.25m$를 정확히 넣는지 확인하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

관수로 유속 문제는 직경에서 반지름을 먼저 구하고, 충만 여부를 확인한 뒤 전체 단면적을 계산하여 $V = Q/A$ 순서로 판단한다.

암기 포인트

원형관 평균유속은 유량을 전체 원형 단면적으로 나눈 값이며, 직경이 주어지면 먼저 반지름으로 바꾼다.

NoteBase

문 10. 하천과 같은 개수로의 수리모형실험 해석에 적합한 모형법칙은?

① Froude 모형법칙

② Reynolds 모형법칙

③ Weber 모형법칙

④ Cauchy 모형법칙

정답 1번

출제 포인트

자유수면을 가진 개수로 흐름에서는 중력과 관성력의 비가 지배적이므로 Froude 상사를 적용하는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

Froude 모형법칙은 자유수면 흐름에서 관성력과 중력의 비인 $Fr = V/\sqrt{gL}$를 같게 맞추는 상사법칙이다.
Reynolds 모형법칙은 점성력과 관성력의 비인 $Re = VL/u$를 같게 맞추는 상사법칙으로 관수로나 경계층 문제에 주로 쓴다.
Weber 모형법칙은 표면장력과 관성력의 비인 $We = \rho V^2 L/\sigma$를 같게 맞추는 상사법칙이다.
Cauchy 모형법칙은 탄성력 또는 압축성 효과와 관성력의 비를 맞추는 상사법칙이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
하천은 자유수면을 가진 개수로이므로 중력 효과가 유동 형상을 지배한다.
따라서 원형과 모형의 Froude 수를 같게 하는 Froude 모형법칙이 적합하다.

② X
틀린 부분은 "Reynolds 모형법칙"이다.
Reynolds 상사는 점성력이 지배적인 관내유동이나 미소 점성효과 검토에 적합하다.
이 문항의 개수로 흐름은 자유수면과 중력 효과가 핵심이므로 올바르게는 Froude 모형법칙이다.

③ X
틀린 부분은 "Weber 모형법칙"이다.
Weber 상사는 표면장력 영향이 큰 액적, 모세관 현상, 미세 수면파 문제 등에 맞는다.
일반적인 하천 모형실험의 지배력은 표면장력이 아니라 중력이므로 올바르게는 Froude 모형법칙이다.

④ X
틀린 부분은 "Cauchy 모형법칙"이다.
Cauchy 상사는 탄성력이나 압축성 효과가 중요한 문제에 쓰인다.
하천 개수로 해석의 기본 상사는 탄성력이 아니라 자유수면 중력 효과이므로 올바르게는 Froude 모형법칙이다.

오답 포인트

Reynolds 수를 가장 자주 접한다는 이유로 유체문제 전반에 기계적으로 적용하기 쉽다. 그러나 개수로는 "자유수면"이 보이면 먼저 중력 지배 여부를 따지는 것이 핵심이라는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

문제에 하천, 수로, 개수로, 자유수면이 나오면 먼저 중력과 관성력의 비인 Froude 수를 본다. 관내유동이면 Reynolds, 표면장력 지배면 Weber, 탄성·압축성 지배면 Cauchy로 구분한다.

암기 포인트

개수로는 자유수면, 자유수면은 중력, 중력 지배 상사는 Froude이다.

NoteBase

문 11. 어떤 유역 출구부에 설치된 단일 침사지의 연간 유입 토사의 체적을 산정한 결과 $300m^3$이었다. 준설 빈도를 연간 2회로 할 경우, 토사저류부의 소요 용량[m^3]은? (단, 침사지의 토사포착률은 80 %이다)

① 60

② 90

③ 120

④ 150

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 연간 유입 토사량에 토사포착률을 적용한 뒤 준설 빈도로 나누어 1회 준설 사이에 필요한 토사저류부 용량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 연간 유입 토사 체적 $300m^3$, 토사포착률 80%, 준설 빈도 연 2회이다.
구해야 할 값은 토사저류부의 소요 용량이다.
주의할 조건은 유입량 전체가 아니라 포착되는 토사량만 저류부 용량 산정에 반영된다는 점이다.

사용할 공식

포착 토사량은 연간 유입 토사량 × 토사포착률이고, 1회 준설 사이 필요한 용량은 연간 포착 토사량연간 준설 횟수이다.
이 공식을 쓰는 이유는 저류부가 실제로 저장해야 하는 토사는 유입량 전체가 아니라 침사지가 포착한 토사량이며, 연 2회 준설이면 반년마다 한 번씩 비워지므로 반년 동안 쌓이는 양만 확보하면 되기 때문이다.

계산 과정

연간 포착 토사량은 $300 \times 0.8 = 240m^3$이다.
준설 빈도가 연 2회이므로 1회 준설 사이에 쌓이는 토사량은 $\frac{240}{2} = 120m^3$이다.
따라서 토사저류부의 소요 용량은 $120m^3$이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 60m³는 계산 결과와 다르다. 필요 용량이 60m³이다라는 표현은 틀렸고, 올바르게는 120m³이다. 이는 구한 120m³를 다시 2로 나누어 준설 빈도를 중복 반영한 실수에 해당한다.
② X: 90m³는 계산 결과와 다르다. 필요 용량이 90m³이다라는 표현은 틀렸고, 올바르게는 120m³이다. 이는 토사포착률 80%를 잘못 적용하거나 다른 비율로 오산한 값이다.
③ O: 연간 포착 토사량 240m³를 연 2회 준설 기준으로 나누면 120m³가 된다. 따라서 120m³가 옳다.
④ X: 150m³는 계산 결과와 다르다. 필요 용량이 150m³이다라는 표현은 틀렸고, 올바르게는 120m³이다. 이는 연간 유입 토사량 300m³를 바로 2로 나누어 토사포착률 80%를 누락한 값이다.

오답 포인트

연간 유입량 300m³를 그대로 준설 횟수로 나누면 150m³가 되어 ④를 고르기 쉽다. 이 문제의 함정은 저류부가 저장하는 양이 유입량 전체가 아니라 포착률 80%가 반영된 실제 포착 토사량이라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

침사지 용량 문제는 유입량 전체를 바로 쓰지 않고 먼저 포착률을 적용해 실제 퇴적량을 구한 다음, 준설 주기 또는 준설 횟수로 나누어 1회 준설 사이 누적량을 산정하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

침사지 소요 용량은 연간 유입량이 아니라 포착 토사량 기준이며, 연 2회 준설이면 연간 포착량의 절반이 필요 용량이다.

NoteBase

문 12. 면적 24.6km^2인 유역에 균일하게 129.2mm의 강우가 내렸다. 선행토양함수조건이 AMC-II일 때, 해당 유역의 유출곡선지수(CN)는 63.5이다. 이때, NRCS 방법을 이용하여 산정되는 총 직접유출체적 [m^3]은? (단, 초기손실우량은 토양 최대잠재보유수량의 20%로 가정한다)

① 0.8×10^6

② 1.0×10^6

③ 1.2×10^6

④ 1.6×10^6

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 NRCS 유출곡선지수법에서 CN으로 토양 최대잠재보유수량 S를 구하고, 초기손실량 $I_a = 0.2S$를 반영하여 직접유출량과 직접유출체적을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 유역면적 $24.6km^2$, 강우량 $P = 129.2mm$, 유출곡선지수 $CN = 63.5$이다.
구해야 할 값은 총 직접유출체적이다.
주의할 조건은 초기손실량이 토양 최대잠재보유수량의 20%이므로 $I_a = 0.2S$를 먼저 계산해야 한다는 점이다.

사용할 공식

토양 최대잠재보유수량은 $S = \frac{25400}{CN} - 254$ 이다.
직접유출심은 $Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$ 이다.
직접유출체적은 유출심에 유역면적을 곱하여 구한다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 NRCS 방법, CN, 그리고 초기손실량 $0.2S$ 조건을 직접 제시했기 때문이다.

계산 과정

1. $CN = 63.5$이므로 $S = \frac{25400}{63.5} - 254 = 400 - 254 = 146mm$ 이다.
2. 초기손실량은 $I_a = 0.2S = 0.2 \times 146 = 29.2mm$ 이다.
3. 직접유출심은 $Q = \frac{(129.2 - 29.2)^2}{129.2 - 29.2 + 146} = \frac{100^2}{246} = 40.6504mm$ 이다.
4. $1mm$가 $1km^2$에 내리면 체적은 $1000m^3$이므로 총 직접유출체적은
$V = 40.6504 \times 24.6 \times 1000 \approx 1.0 \times 10^6 m^3$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

이 값은 $0.8 \times 10^6 m^3$인데 계산된 직접유출체적 $1.0 \times 10^6 m^3$보다 작다. 틀린 표현은 총 직접유출체적을 $0.8 \times 10^6 m^3$로 본 부분이다. 올바르게는 $1.0 \times 10^6 m^3$이다. 이런 오답은 I_a를 반영한 뒤의 유출심 계산을 작게 잡거나 면적 환산을 잘못할 때 나온다.

② O

계산 결과 총 직접유출체적은 $V \approx 1.0 \times 10^6 m^3$이다. 따라서 ②가 옳다.

③ X

이 값은 $1.2 \times 10^6 m^3$인데 계산된 직접유출체적보다 크다. 틀린 표현은 총 직접유출체적을 $1.2 \times 10^6 m^3$로 본 부분이다. 올바르게는 $1.0 \times 10^6 m^3$이다. 이런 오답은 S를 잘못 구하거나 분모 $P + 0.8S$를 작게 처리했을 때 생기기 쉽다.

④ X

이 값은 $1.6 \times 10^6 m^3$인데 계산된 직접유출체적과 차이가 크다. 틀린 표현은 총 직접유출체적을 $1.6 \times 10^6 m^3$로 본 부분이다. 올바르게는 $1.0 \times 10^6 m^3$이다. 이런 오답은 총강우량이나 유효강우량을 직접유출심으로 착각하여 과대평가할 때 생긴다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 CN에서 바로 유출량을 구하지 않고 먼저 S와 I_a를 계산해야 한다는 순서를 놓치는 점이다. 또 $1mm$ over $1km^2 = 1000m^3$ 환산을 빠뜨리면 최종 체적이 크게 어긋난다.

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 NRCS 문제는 주어진 CN으로 S를 구하고, $I_a = 0.2S$를 반영해 유출심 Q를 계산한 뒤, 마지막에 면적을 곱해 체적으로 바꾸는 순서로 판단한다.

암기 포인트

NRCS 4단계는 $CN \rightarrow S \rightarrow I_a = 0.2S \rightarrow Q \rightarrow V$ 순서이다.

NoteBase

문 13. 직사각형 단면의 개수로에 물이 흐르고 있을 때 하류의 영향으로 도수가 발생하였다. 도수 지점 상류와 하류의 수심이 각각 0.5m, 1.0m일 때 하류 지점의 유속[m/s]은? (단, 중력가속도는 10 m/s^2이다)

① $\frac{\sqrt{10}}{2}$
② $\frac{\sqrt{15}}{2}$
③ $\frac{\sqrt{18}}{2}$
④ $\frac{\sqrt{21}}{2}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직사각형 개수로에서 도수 전후 수심이 주어졌을 때 도수의 운동량식으로 단위폭 유량을 구하고, 이를 하류 수심으로 나누어 하류 유속을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 도수 상류 수심 $y_1 = 0.5m$
- 도수 하류 수심 $y_2 = 1.0m$
- 중력가속도 $g = 10m/s^2$

구해야 할 값:
- 하류 지점의 유속 V_2

주의할 조건:
- 직사각형 단면 도수는 에너지식이 아니라 운동량식으로 계산한다.
- 먼저 단위폭 유량 q를 구한 뒤 $V_2 = q/y_2$로 환산한다.

사용할 공식

직사각형 단면의 도수 전후에는 비력 보존식이 성립하므로
$\frac{q^2}{gy_1} + \frac{y_1^2}{2} = \frac{q^2}{gy_2} + \frac{y_2^2}{2}$
이고, 이를 정리하면
$\frac{q^2}{g} = \frac{y_1 y_2 (y_1 + y_2)}{2}$
이다.

이 공식을 쓰는 이유:
도수는 짧은 구간에서 큰 에너지 손실이 발생하므로 비에너지는 보존되지 않지만, 직사각형 개수로에서는 운동량에 해당하는 비력이 전후에서 같다고 볼 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 도수의 운동량식에 $y_1 = 0.5, y_2 = 1.0$을 대입한다.
$\frac{q^2}{g} = \frac{0.5 \times 1.0 \times (0.5 + 1.0)}{2} = \frac{0.75}{2} = 0.375$
2. $g = 10$을 대입하여 단위폭 유량 q를 구한다.
$q^2 = 10 \times 0.375 = 3.75 = \frac{15}{4}$
$q = \sqrt{\frac{15}{4}} = \frac{\sqrt{15}}{2}$
3. 하류 유속은 $V_2 = q/y_2$이므로
$V_2 = \frac{q}{y_2} = \frac{\sqrt{15}/2}{1.0} = \frac{\sqrt{15}}{2} m/s$
이다.

선지 판단

① X
- 계산된 하류 유속은 $\frac{\sqrt{15}}{2} m/s$이므로 $\frac{\sqrt{10}}{2}$는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 값 $\frac{\sqrt{10}}{2}$이다. 올바르게는 $\frac{\sqrt{15}}{2}$이다.

② O
- 도수의 운동량식으로 구한 단위폭 유량을 하류 수심 $1.0m$로 나누면 $V_2 = \frac{\sqrt{15}}{2} m/s$가 된다.
- 계산 결과와 정확히 일치하므로 옳다.

③ X
- $\frac{\sqrt{18}}{2}$는 계산값 $\frac{\sqrt{15}}{2}$보다 크므로 하류 유속이 될 수 없다.
- 틀린 표현은 값 $\frac{\sqrt{18}}{2}$이다. 올바르게는 $\frac{\sqrt{15}}{2}$이다.

④ X
- $\frac{\sqrt{21}}{2}$도 계산된 하류 유속 $\frac{\sqrt{15}}{2}$와 일치하지 않는다.
- 틀린 표현은 값 $\frac{\sqrt{21}}{2}$이다. 올바르게는 $\frac{\sqrt{15}}{2}$이다.

계산 결과 $V_2 = \frac{\sqrt{15}}{2} m/s$이므로 정답은 ②이다.

오답 포인트

도수 문제에서 비에너지식을 쓰거나, 단위폭 유량 q를 구한 뒤 바로 정답으로 착각하는 경우가 많다. 이 문항은 q를 먼저 구한 다음 다시 $V_2 = q/y_2$로 환산해야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

도수의 전후 수심이 주어지면 먼저 직사각형 도수의 운동량식으로 q를 계산하고, 마지막에 묻는 값이 유량인지 유속인지 확인하여 $V = q/y$ 환산까지 마친 뒤 선지를 비교하면 된다.

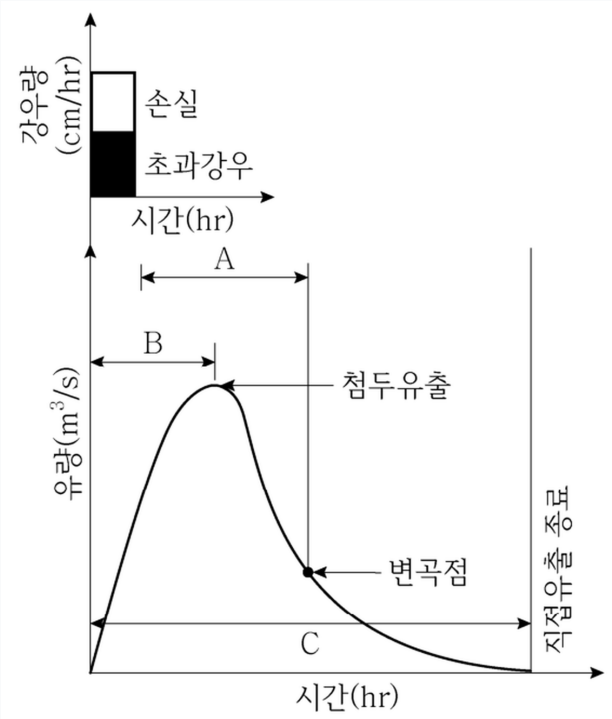
NoteBase

암기 포인트

직사각형 도수는 비에너지보다 비력으로 풀고, 계산 순서는 $y_1, y_2 \rightarrow q \rightarrow V$이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같은 직접유출수문곡선의 성분 A, B, C에 해당하는 용어를 바르게 연결한 것은? (단, 초과강우는 유효우량이다)



① A: 도달시간, B: 상승시간, C: 유효시간

② A: 도달시간, B: 첨두발생시간, C: 기저시간

③ A: 지체시간, B: 첨두발생시간, C: 유효시간

④ A: 지체시간, B: 상승시간, C: 기저시간

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직접유출수문곡선에서 도달시간, 첨두발생시간, 기저시간이 도식의 어느 구간에 대응하는지를 묻는 문제이다.

NoteBase

도식 분석

그림은 위쪽의 강우주상도와 아래쪽의 직접유출수문곡선으로 이루어진다. 강우주상도에서 강우량은 손실과 초과강우로 나뉘며, 단서에서 초과강우는 유효우량에 해당한다. 아래쪽 수문곡선에는 곡선이 최고점에 이르는 첨두유출, 하강부에서 곡률이 바뀌는 변곡점, 그리고 직접유출이 끝나는 종료선이 함께 표시되어 있다.
B는 초과강우가 시작되는 시점부터 첨두유출이 발생하는 시점까지의 구간으로, 첨두까지 걸리는 시간을 나타내는 첨두발생시간이다. C는 직접유출이 시작되어 종료선에 이를 때까지 직접유출수문곡선 전체가 지속되는 구간으로, 기저시간에 해당한다. A는 유효우량(초과강우)이 끝나는 시점부터 하강부의 변곡점까지 이어지는 구간으로 도달시간에 해당한다. 변곡점은 하강부의 곡률이 바뀌는 점으로, 유역 최원점에 떨어진 물까지 출구에 모두 도달해 전유역이 더 이상 직접유출에 기여하지 않게 되는 시점을 뜻한다. 따라서 유효우량 종료부터 변곡점까지의 시간은 곧 유역 최원점의 물이 출구에 도달하는 데 걸리는 시간이 되어 도달시간의 정의와 연결된다.

선지별 해설

① X: A를 도달시간으로 본 점은 맞지만, B의 '상승시간'이 틀렸다. 그림의 B는 초과강우 시작부터 첨두유출 시점까지를 가리키므로 올바르게는 '첨두발생시간'이다. 또한 C의 '유효시간'도 틀렸고, C는 직접유출수문곡선의 지속시간인 '기저시간'이다.
② O: A는 도달시간, B는 첨두발생시간, C는 기저시간으로 연결한 선택지이다. 그림의 변곡점, 첨두유출, 지하수층 종료선 위치와 일치한다.
③ X: B의 '첨두발생시간'은 맞지만, A의 '지체시간'이 틀렸다. 지체시간(tL)은 유효우량주상도의 중심(무게중심)부터 첨두유출이 발생하는 시점까지의 시간으로, 종점이 첨두인 성분이다. 반면 이 그림의 A는 유효우량 종료부터 하강부 변곡점까지를 가리키므로 도달시간이며, 종점이 변곡점이라는 점에서 지체시간과 구분된다. C의 '유효시간'도 틀렸고 올바르게는 '기저시간'이다.
④ X: C를 기저시간으로 본 점은 맞지만, A와 B가 모두 틀렸다. A는 '지체시간'이 아니라 '도달시간'이고, B는 유출곡선 상승부 길이를 단순히 나타낸 '상승시간'이 아니라 초과강우 시작부터 첨두까지의 '첨두발생시간'이다.

오답 포인트

B를 곡선의 상승부만 보고 곧바로 상승시간으로 읽기 쉽고, C도 유효우량이 표시되어 있다는 이유로 유효시간과 혼동하기 쉽다. 이 문제는 화살표가 어디에서 시작해 어디에서 끝나는지를 읽어 시간 성분의 정의를 구분하는 함정을 둔 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직접유출수문곡선 문제는 먼저 첨두유출, 변곡점, 종료점을 찾고, 각 화살표가 어느 시점에서 시작해 어느 시점에서 끝나는지를 본다. 첨두까지면 첨두발생시간, 종료점까지면 기저시간, 변곡점까지의 반응시간이면 도달시간으로 판단된다.

NoteBase

암기 포인트

첨두까지는 첨두발생시간, 끝까지는 기저시간, 변곡점까지는 도달시간이다. 변곡점은 전유역 기여가 끝나는 점이라 유역 최원점 물의 도달시간과 이어지고, 지체시간은 유효우량 중심에서 첨두까지라는 점에서 도달시간과 구분된다.

NoteBase

문 15. 초기 침투능이 9.0mm/hr인 토양에 침투능 이상의 강우가 지속되었고, 5시간 경과 시점의 침투능이 5.0mm/hr였다. 이 토양에 대한 Horton의 종기침투능[mm/hr]은? (단, 감소상수k는 $0.2hr^{-1}$이고, 자연대수e는 3.0으로 계산한다)

① 1.8

② 2.4

③ 3.0

④ 3.6

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 Horton의 침투능식 $f_t = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$를 이용해 종기침투능 f_c를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 초기 침투능 $f_0 = 9.0\text{mm/hr}$, 5시간 후 침투능 $f_t = 5.0\text{mm/hr}$, 감쇠상수 $k = 0.2\text{hr}^{-1}$, 자연대수 $e = 3.0$이다.
구해야 할 값: 종기침투능 f_c이다.
주의할 조건: $kt = 0.2 \times 5 = 1$이므로 $e^{-kt} = e^{-1} = 1/3$으로 바꿔 계산한다.

사용할 공식

Horton 침투능식은 $f_t = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 초기 침투능, 시간 경과 후 침투능, 감쇠상수를 주고 종기침투능을 묻고 있으므로 Horton의 시간에 따른 침투능 감소식을 그대로 적용하는 상황이다.

계산 과정

1. 주어진 값을 공식에 대입하면 $5 = f_c + (9 - f_c)e^{-0.2 \times 5}$이다.
2. $e = 3.0$이므로 $e^{-1} = 1/3$이고, 따라서 $5 = f_c + \frac{9 - f_c}{3}$이다.
3. 이를 정리하면 $5 = f_c + 3 - \frac{f_c}{3} = 3 + \frac{2f_c}{3}$이므로 $2 = \frac{2f_c}{3}$이고 $f_c = 3.0\text{mm/hr}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 1.8은 Horton 식에 대입하면 5.0mm/hr가 나오지 않는다. 틀린 표현은 종기침투능이 1.8이라는 점이며, 올바르게는 종기침투능이 3.0mm/hr이다.
② X: 2.4도 $5 = f_c + (9 - f_c)/3$을 만족하지 않는다. 틀린 표현은 종기침투능이 2.4라는 점이며, 올바르게는 $f_c = 3.0$mm/hr이다.
③ O: $e^{-1} = 1/3$으로 계산한 뒤 식을 정리하면 $f_c = 3.0$mm/hr가 된다. 따라서 ③이 옳다.
④ X: 3.6을 대입하면 5.0이 아니라 5.4가 되어 조건과 맞지 않는다. 틀린 표현은 종기침투능이 3.6이라는 점이며, 올바르게는 3.0mm/hr이다.

오답 포인트

감쇠항 e^{-kt}를 먼저 계산하지 않고 바로 수치를 섞어 정리하면 오답이 나온다. 이 문항의 함정은 $e = 3.0$이라는 조건을 놓치거나 e^{-1}을 1/3으로 바꾸지 않은 채 이항하는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

Horton 식 문제는 먼저 kt를 계산해 지수항을 단순한 수치로 바꾼 뒤, 알려진 침투능 f_t와 초기 침투능 f_0를 대입하여 미지수 f_c만 남기는 순서로 판단한다.

암기 포인트

Horton 식은 $f_t = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$이며, 시간이 충분히 지나면 침투능은 종기침투능 f_c에 가까워진다.

NoteBase

문 16. 폭이 5m, 수심이 4m인 직사각형 단면의 개수로에 흐르는 유량$[m^3/s]$은? (단, 수면에서부터 수심의 20%, 60%, 80% 위치에서 측정한 유속이 각각 $V_{0.2}=2.4[m/s]$, $V_{0.6}=2.0[m/s]$, $V_{0.8}=1.2[m/s]$이고, 수심 평균유속은 3점법으로 계산한다)

① 36.0

② 37.3

③ 38.0

④ 40.0

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 개수로의 단면적과 3점법 평균유속 $\bar{V}=\frac{V_{0.2}+2V_{0.6}+V_{0.8}}{4}$을 이용해 유량 Q를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 폭 5m, 수심 4m
- 측정 유속: $V_{0.2}=2.4m/s$, $V_{0.6}=2.0m/s$, $V_{0.8}=1.2m/s$

구해야 할 값:
- 유량 $Q(m^3/s)$

주의할 조건:
- 평균유속은 단순평균이 아니라 3점법으로 계산한다.

사용할 공식

단면적은 $A=bh$, 3점법 평균유속은 $\bar{V}=\frac{V_{0.2}+2V_{0.6}+V_{0.8}}{4}$, 유량은 $Q=A\bar{V}$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
- 문제에서 수면으로부터 수심의 20%, 60%, 80% 위치 유속이 주어졌고 평균유속을 3점법으로 계산하라고 명시했기 때문이다.

계산 과정

1. 단면적은 $A=5\times4=20m^2$이다.
2. 평균유속은 $\bar{V}=\frac{2.4+2\times2.0+1.2}{4}=\frac{7.6}{4}=1.9m/s$이다.
3. 유량은 $Q=A\bar{V}=20\times1.9=38.0m^3/s$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 36.0은 $\frac{V_{0.2}+V_{0.8}}{2}=\frac{2.4+1.2}{2}=1.8m/s$처럼 2점법으로 처리하면 나오는 값이다. 문제는 3점법을 요구하므로 틀리다.
- 틀린 표현은 평균유속 처리 방식이다. 올바르게는 3점법을 적용해 유량이 38.0이어야 한다.

② X

- 37.3은 $\frac{2.4+2.0+1.2}{3}=1.866\cdots m/s$처럼 세 값을 단순산술평균하면 나오는 값이다. 3점법은 가운데 $V_{0.6}$에 가중치 2를 주므로 틀리다.
- 틀린 표현은 단순평균 사용이다. 올바르게는 $\bar{V}=1.9m/s$, 유량은 38.0이다.

③ O

- 3점법 평균유속은 $1.9m/s$이고, 단면적 $20m^2$를 곱하면 $38.0m^3/s$가 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.

④ X

- 40.0은 $V_{0.6}=2.0m/s$만 평균유속으로 바로 사용하면 나오는 값이다. 이 문항은 단일 측점법이 아니라 3점법을 적용해야 하므로 틀리다.
- 틀린 표현은 평균유속을 0.6수심 유속과 동일시한 점이다. 올바르게는 평균유속 1.9m/s를 써서 38.0을 구해야 한다.

오답 포인트

3점법은 세 값을 단순히 평균하는 방식이 아니고 $V_{0.6}$에 가중치 2가 들어간다. ①처럼 2점법으로 바꾸거나 ②처럼 산술평균을 하거나 ④처럼 $V_{0.6}$ 하나만 쓰면 모두 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

유속 측정 깊이가 여러 개 주어지면 먼저 평균유속 산정법이 1점법, 2점법, 3점법 중 무엇인지 확인한 뒤 평균유속을 구하고, 마지막에 단면적을 곱해 유량으로 연결하면 된다.

암기 포인트

3점법 평균유속은 $\frac{V_{0.2}+2V_{0.6}+V_{0.8}}{4}$, 유량은 $A\bar{V}$이다.

NoteBase

문 17. 상류(subcritical flow) 상태인 하천에 설치된 교각이 하천의 흐름에 미치는 영향으로 옳지 않은 것은?

① 흐름 폭이 축소되므로 교각 사이의 수면고는 상승한다.

② 수로의 단면이 축소되어 교각 상류(upstream)에 배수를 일으킨다.

③ 교대나 교각 주위에 3차원 와류를 일으켜 국부세굴이 발생할 수 있다.

④ 교각의 후류 와류(wake vortex)는 교각 하류로 가면서 강도가 점점 감소하므로 교각의 직하류 지역에서 퇴적이 발생할 수 있다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 상류 상태 하천에서 교각이 만드는 수축부 수면 변화, 상류 배수, 국부세굴, 후류 감쇠를 구분할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

상류 상태 흐름에서는 교각 때문에 통수단면이 줄어들면 교각 상류에는 배수(backwater)가 생길 수 있다.
반면 교각 사이의 수축부에서는 유속이 증가하므로 수면이 바로 상승하는 것이 아니라 일반적으로 강하한다.
교각 주위의 3차원 와류와 교각 뒤의 후류 와류는 각각 국부세굴과 하류 하상변동의 원인이 된다.

선지별 해설

① X. 틀린 부분은 '교각 사이의 수면고는 상승한다'는 표현이다. 교각 사이의 수축부에서는 통수폭 감소로 유속이 커지므로 수면은 보통 상승이 아니라 강하한다. 올바르게는 '교각 상류에는 배수가 생기고, 교각 사이 수축부의 수면은 저하될 수 있다'이다.
② O. 교각은 수로의 유효 단면을 줄이므로 에너지 손실과 수축 효과가 생기고, 그 결과 교각 상류(upstream)에 배수 현상이 나타날 수 있다.
③ O. 교대나 교각 주위에서는 말굽와류를 포함한 3차원 와류가 형성되어 하상 재료를 파내므로 국부세굴이 발생할 수 있다.
④ O. 교각 후류의 wake vortex는 하류로 가면서 확산되고 감쇠한다. 이 과정에서 직하류 구간 일부는 운반력이 약해져 세굴된 토사가 다시 퇴적될 수 있다.

오답 포인트

상류 배수와 교각 사이 수축부의 수면변화를 같은 위치 현상으로 섞으면 ①을 고르지 못한다. 교각 문제는 '상류는 배수, 수축부는 수면강하'처럼 위치별 반응을 나누어 봐야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

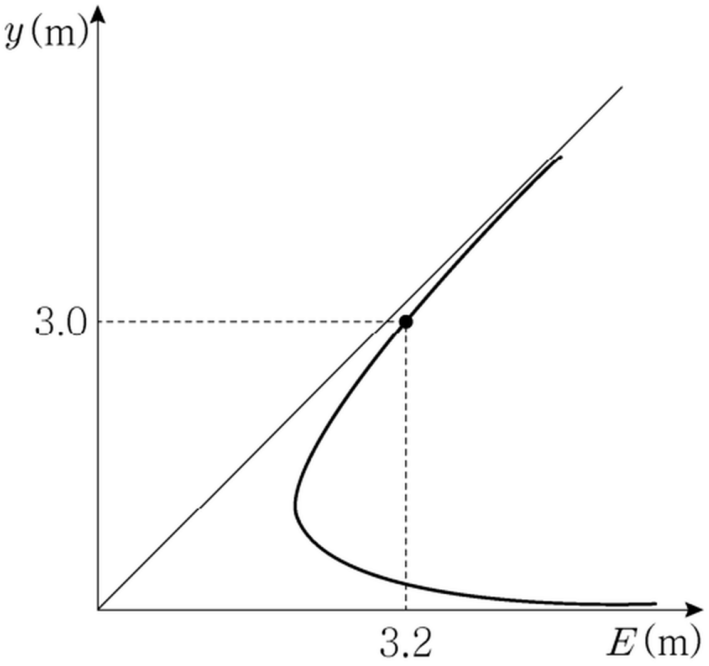
교각 영향 문제는 위치를 먼저 나누면 풀린다. 교각 상류는 배수 여부, 교각 주위는 와류와 세굴 여부, 교각 뒤쪽은 후류 감쇠와 퇴적 가능성으로 판단하면 된다.

암기 포인트

교각은 상류 배수, 교각 주위 세굴, 교각 사이 수면강하를 만든다.

NoteBase

문 18. 다음 그림은 일정한 유량이 흐르는 개수로의 수심 y에 따른 비에너지 E곡선이다. 수심이 3.0m일 때, 단면평균유속[m/s]은? (단, 에너지보정계수는 1.0, 중력가속도는 10m/s^2이다)



① 1.0

② 1.5

③ 2.0

④ 3.0

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 개수로의 비에너지식 $E = y + \frac{\alpha V^2}{2g}$에서 그래프로 읽은 E와 y를 대입하여 단면평균유속을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 그래프에서 $y = 3.0m$일 때 $E = 3.2m$이다.
구해야 할 값: 단면평균유속 V이다.
주의할 조건: 에너지보정계수 $\alpha = 1.0$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.

NoteBase

사용할 공식

$E = y + \frac{\alpha V^2}{2g}$

이 식은 개수로의 비에너지가 수심과 속도수두의 합으로 표현되기 때문에 사용한다.

계산 과정

1. 그래프에서 $y = 3.0m$일 때 $E = 3.2m$를 읽는다.
2. $3.2 = 3.0 + \frac{1 \cdot V^2}{2 \cdot 10}$이므로 $0.2 = \frac{V^2}{20}$이다.
3. 따라서 $V^2 = 4$, $V = 2.0m/s$이다.

선지별 해설

① X

1.0은 계산 결과와 다르다. $V = 1.0m/s$이면 속도수두가 $0.05m$이어서 비에너지는 $3.05m$가 된다.
틀린 값이며 올바른 단면평균유속은 $2.0m/s$이다.

② X

1.5는 계산 결과와 다르다. $V = 1.5m/s$이면 속도수두가 $0.1125m$이어서 비에너지는 $3.1125m$가 된다.
틀린 값이며 올바른 단면평균유속은 $2.0m/s$이다.

③ O

$E - y = 0.2m$를 속도수두로 두면 $V = 2.0m/s$가 되어 그래프 조건과 일치한다.

④ X

3.0은 계산 결과와 다르다. $V = 3.0m/s$이면 속도수두가 $0.45m$이어서 비에너지는 $3.45m$가 된다.
틀린 값이며 올바른 단면평균유속은 $2.0m/s$이다.

오답 포인트

그래프에서 읽은 $E = 3.2m$와 $y = 3.0m$의 차이 $0.2m$를 그대로 유속으로 착각하면 오답이 된다. 이 차이는 유속이 아니라 속도수두 $V^2/(2g)$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

비에너지 곡선 문제는 먼저 그래프에서 E와 y를 읽고, 그 차이를 속도수두로 본 뒤 $E - y = \alpha V^2/(2g)$에 대입해 유속을 계산하면 된다.

암기 포인트

개수로 비에너지는 수심 y와 속도수두 $V^2/(2g)$의 합이다.

NoteBase

문 19. 유체의 점성(dynamic viscosity)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 20 °C 표준대기압 상태에서 물은 공기보다 점성이 크다.

② 온도가 증가하면 기체의 점성은 증가한다.

③ 온도가 증가하면 액체의 점성은 감소한다.

④ 액체의 점성은 분자 간의 충돌 때문이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 기체와 액체의 점성 발생 원인과 온도 변화에 따른 점성의 경향을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

점성계수(dynamic viscosity)는 유체가 전단변형에 저항하는 정도이다.
기체의 점성은 분자 충돌과 운동량 교환의 영향이 크며, 온도가 올라가면 보통 증가한다.
액체의 점성은 분자 간 응집력의 영향이 크며, 온도가 올라가면 보통 감소한다.

선지별 해설

① O
20 °C 표준대기압에서 물의 동점성이 아니라 점성계수 자체도 공기보다 훨씬 크다. 물은 대략 $10^{-3} Pa \cdot s$, 공기는 대략 $10^{-5} Pa \cdot s$ 수준이므로 옳다.

② O
기체는 온도가 증가하면 분자 운동이 활발해지고 층 사이 운동량 교환이 커져 점성이 증가한다. 기체의 온도 상승과 점성 증가를 연결한 진술이므로 옳다.

③ O
액체는 온도가 증가하면 분자 간 응집력이 상대적으로 약해져 흐름 저항이 줄어든다. 따라서 액체의 점성은 감소하므로 옳다.

④ X
틀린 부분은 '분자 간의 충돌 때문이다'라는 표현이다.
액체의 점성은 주로 분자 간 응집력 때문에 나타난다. 분자 충돌과 운동량 교환은 기체 점성을 설명할 때의 핵심 표현이므로, 이 선지는 '액체의 점성은 주로 분자 간 응집력 때문이다'로 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

기체와 액체 모두 점성이라는 같은 용어를 쓰기 때문에 발생 원인까지 같다고 오해하기 쉽다. ④는 기체 점성의 설명을 액체에 바꿔 붙인 선지라는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

점성 문제는 먼저 유체가 기체인지 액체인지부터 나눈다. 그다음 기체는 '온도 상승 시 점성 증가, 원인은 분자 충돌과 운동량 교환', 액체는 '온도 상승 시 점성 감소, 원인은 분자 간 응집력'으로 판단하면 된다.

암기 포인트

기체 점성은 충돌, 액체 점성은 응집력이다.

NoteBase

문 20. 물이 담긴 용기가 연직방향 가속도 3m/s^2로 상승하고 있을 때, 용기 내부의 자유수면 아래 1m 수심에서 정수압$[\text{kN/m}^2]$은? (단, 물의 밀도는 $1{,}000\text{kg/m}^3$, 중력가속도는 10m/s^2이다)

① 3

② 7

③ 13

④ 18

정답 3번

출제 포인트

상승 가속도를 받는 용기 안에서는 유효중력 $g + a$를 써서 자유수면 아래의 정수압을 구하는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 물의 밀도 $\rho = 1000kg/m^3$, 중력가속도 $g = 10m/s^2$, 상승가속도 $a = 3m/s^2$, 수심 $h = 1m$이다.
구해야 할 값: 자유수면 아래 $1m$ 지점의 정수압이다.
주의할 조건: 정수압은 자유수면을 기준으로 한 게이지압이며, 용기가 위로 가속되면 유효중력은 $g + a$가 된다.

사용할 공식

정수압 공식은 $p = \rho g_{\text{eff}} h$이고, 상승 가속도일 때 $g_{\text{eff}} = g + a$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 자유수면과 함께 위로 가속되는 비관성계에서는 액체가 더 큰 아래방향 체적력장을 받으므로 정수압 기울기가 $\rho(g + a)$가 되기 때문이다.

계산 과정

1. 유효중력은 $g_{\text{eff}} = 10 + 3 = 13m/s^2$이다.
2. 자유수면 아래 $1m$에서의 정수압은
$p = \rho g_{\text{eff}} h = 1000 \times 13 \times 1 = 13000N/m^2$
3. 따라서 $13000N/m^2 = 13kN/m^2$이므로 정답은 ③이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: '3'은 상승 가속도 $a = 3m/s^2$만 반영한 값이다. 정수압은 $\rho(g + a)h$로 계산해야 하므로 올바르게는 $13kN/m^2$이다.
② X: '7'은 상승 가속도를 잘못 빼서 $g - a = 7m/s^2$로 본 오답이다. 위로 가속되면 유효중력은 줄지 않고 $g + a = 13m/s^2$가 되므로 올바르게는 $13kN/m^2$이다.
③ O: 자유수면 기준 게이지압은 $1000 \times (10 + 3) \times 1 = 13000N/m^2 = 13kN/m^2$이므로 맞다.
④ X: '18'은 정수압에 불필요한 값을 더한 오답이다. 이 문제는 자유수면 아래 $1m$의 게이지 정수압만 묻기 때문에 올바르게는 $13kN/m^2$이다.

오답 포인트

상승 가속도인데도 $g - a$로 두는 실수와 게이지압에 대기압이나 다른 값을 덧붙이는 실수가 자주 나온다. 이 문항의 함정은 '상승'이라는 조건을 보고 유효중력을 $g + a$로 바꾸지 못하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

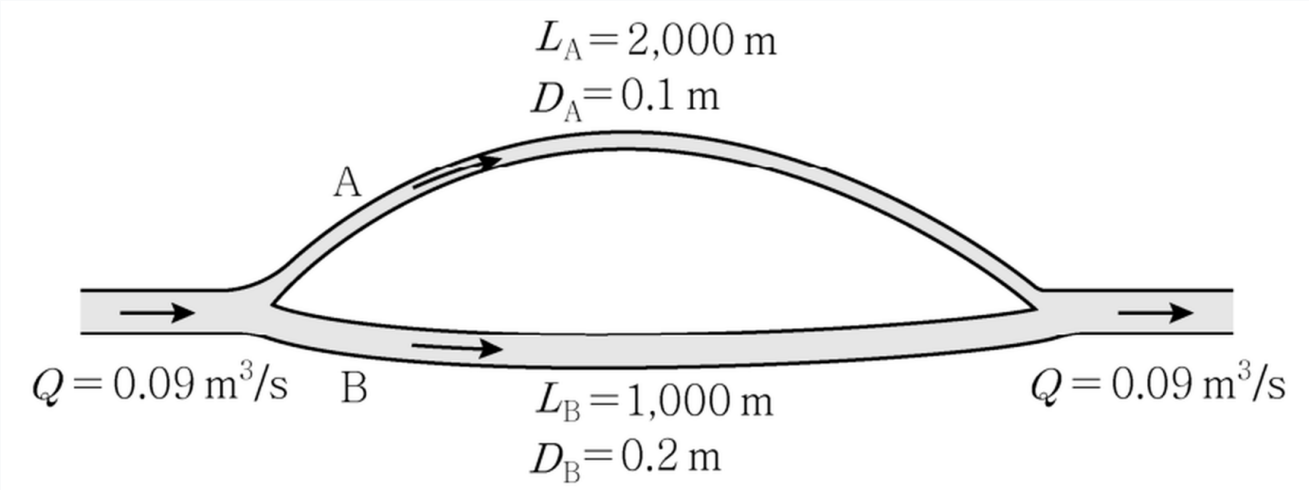
가속 용기 정수압 문제는 먼저 가속도 방향으로 유효중력을 정한 뒤, 자유수면 기준으로 $p = \rho g_{eff} h$를 적용하고 마지막에 단위를 kN/m^2로 환산해 판단한다.

암기 포인트

용기가 위로 가속되면 액체는 더 무거워진 것으로 보이므로 유효중력은 $g + a$, 아래로 가속되면 $g - a$이다.

NoteBase

문 21. 그림과 같이 병렬관로에 0.09 m^3/s의 유량이 유입되어 A, B로 분기 후 다시 합류한다. 각 분기관의 마찰손실계수는 0.02로 동일할 때, 분기관 A, B의 단면평균유속[m/s]를 바르게 연결한 것은? (단, L_A, L_B는 분기관 A, B의 관로 길이, D_A, D_B는 분기관 A, B의 직경이고, 에너지 손실은 마찰손실만을 고려하며, 원주율은 3으로 계산한다)



① A: $\frac{3}{4}$, B: $\frac{3}{2}$

② A: $\frac{3}{4}$, B: $\frac{8}{3}$

③ A: $\frac{4}{3}$, B: $\frac{3}{2}$

④ A: $\frac{4}{3}$, B: $\frac{8}{3}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 병렬관로에서 두 분기관의 마찰손실수두가 같다는 조건과 연속방정식을 이용해 분기관 A, B의 평균유속을 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- 총유량 $Q = 0.09m^3/s$
- A관: $L_A = 2000m$, $D_A = 0.1m$
- B관: $L_B = 1000m$, $D_B = 0.2m$
- 두 관의 마찰손실계수는 모두 0.02
- 원주율은 3

구해야 할 값:
- 분기관 A, B의 단면평균유속

주의할 조건:
- 병렬관로이므로 분기점과 합류점 사이의 손실수두는 두 관에서 같아야 한다.

사용할 공식

마찰손실수두는 $h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$이다.
같은 시작점과 끝점을 갖는 병렬관로에서는 $h_{fA} = h_{fB}$이므로
$\frac{L_A}{D_A}V_A^2 = \frac{L_B}{D_B}V_B^2$
가 된다.
또한 연속방정식은
$Q = A_AV_A + A_BV_B$
이다.
이 공식을 쓰는 이유:
두 분기관은 같은 두 지점을 연결하므로 손실수두가 같고, 각 분기관 유량의 합은 전체 유량과 같기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 손실수두가 같으므로
$\frac{2000}{0.1}V_A^2 = \frac{1000}{0.2}V_B^2$
$20000V_A^2 = 5000V_B^2$
따라서
$V_B = 2V_A$
이다.
2. 단면적은 원주율 3을 사용하여
$A_A = \frac{\pi D_A^2}{4} = \frac{3 \times 0.1^2}{4} = 0.0075m^2$
$A_B = \frac{\pi D_B^2}{4} = \frac{3 \times 0.2^2}{4} = 0.03m^2$
이다.
3. 연속방정식에 대입하면
$0.09 = 0.0075V_A + 0.03V_B$
$0.09 = 0.0075V_A + 0.03(2V_A) = 0.0675V_A$
$V_A = \frac{0.09}{0.0675} = \frac{4}{3}m/s$
$V_B = 2V_A = \frac{8}{3}m/s$
이다.

선지별 해설

① X
- $V_A = \frac{3}{4}$, $V_B = \frac{3}{2}$는 $V_B = 2V_A$ 관계만 맞고 전체 유량 조건을 만족하지 못한다.
- 이 값을 대입하면 $Q = 0.0075 \times \frac{3}{4} + 0.03 \times \frac{3}{2} = 0.050625m^3/s$이므로 주어진 $0.09m^3/s$와 다르다.
- 틀린 표현은 속도의 절대값이고, 올바르게는 $V_A = \frac{4}{3}m/s$, $V_B = \frac{8}{3}m/s$이다.

② X
- $V_B = \frac{8}{3}m/s$가 맞다면 손실수두 동일 조건에서 반드시 $V_A = \frac{1}{2}V_B = \frac{4}{3}m/s$가 되어야 한다.
- 제시된 $V_A = \frac{3}{4}m/s$는 손실수두 관계와 맞지 않고, 두 값을 함께 대입해도 총유량이 $0.085625m^3/s$로 부족하다.
- 틀린 표현은 A관 속도이고, 올바르게는 $V_A = \frac{4}{3}m/s$이다.

③ X
- $V_A = \frac{4}{3}m/s$는 맞지만, 병렬관 손실수두 동일 조건에서는 $V_B = 2V_A = \frac{8}{3}m/s$가 되어야 한다.
- 제시된 $V_B = \frac{3}{2}m/s$를 쓰면 총유량도 $0.055m^3/s$에 그쳐 연속방정식을 만족하지 못한다.
- 틀린 표현은 B관 속도이고, 올바르게는 $V_B = \frac{8}{3}m/s$이다.

④ O
- $V_A = \frac{4}{3}m/s$, $V_B = \frac{8}{3}m/s$는 $V_B = 2V_A$를 만족하여 두 분기관의 손실수두가 같아진다.
- 또한 $0.0075 \times \frac{4}{3} + 0.03 \times \frac{8}{3} = 0.09m^3/s$이므로 전체 유량 조건도 정확히 만족한다.

NoteBase

오답 포인트

이 문항의 함정은 병렬관로에서 먼저 손실수두 동일 조건을 세워 속도비를 구해야 한다는 점을 놓치고, 유량을 임의로 반씩 나누거나 한 관의 속도만 맞춘 뒤 다른 관 속도를 별도로 고르는 데 있다. ①은 속도비만 맞고 전체 유량이 틀리고, ②와 ③은 한 관의 값만 맞고 다른 관이 손실수두 조건을 깨뜨린다.

다시 나오면 이렇게 판단

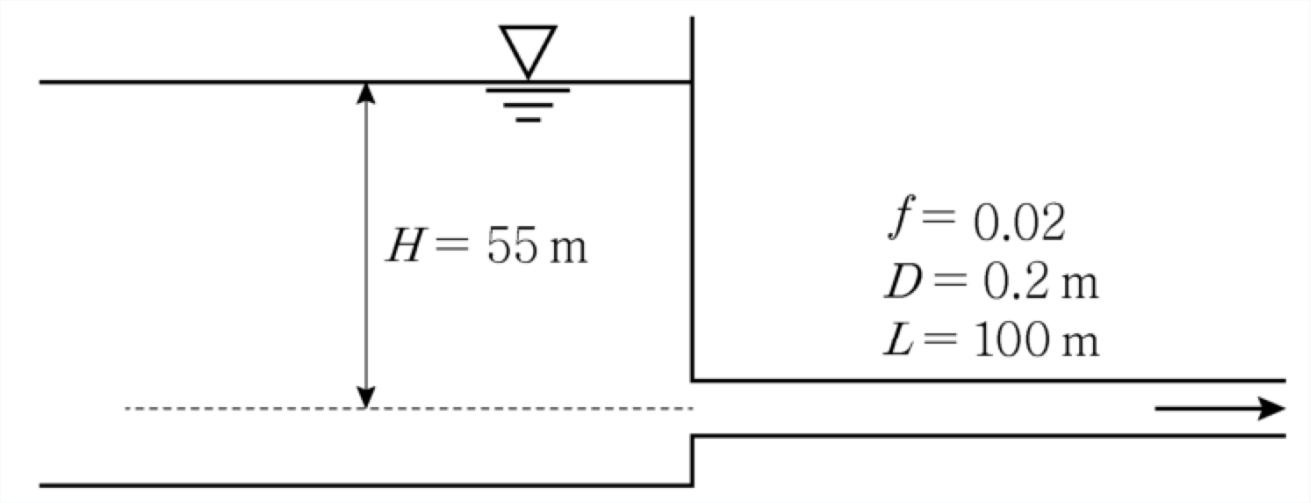
병렬관 계산형 문제는 먼저 $h_{fA} = h_{fB}$로 속도비를 만든 뒤, 각 관 단면적을 구해 $Q = A_A V_A + A_B V_B$에 대입하는 순서로 판단한다. 속도비와 연속방정식을 둘 다 만족하는지 마지막에 함께 검산하면 된다.

암기 포인트

병렬관로는 손실수두가 같고, 분기유량의 합은 전체 유량과 같다.

NoteBase

문 22. 그림과 같이 저수지에 길이(L) 100m, 직경(D) 0.2m인 수평관이 설치되어 있다. 관 중심의 수심(H)이 55m인 경우, 수평관의 단면 평균유속[m/s]은? (단, 관수로 흐름에서 에너지 손실은 마찰손실만 고려하며, 마찰손실계수(f)는 0.02, 에너지보정계수는 1.0, 중력가속도는 10m/s^{2}이다)



① 1

② 5

③ 10

④ 20

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 저수지 자유수면과 관 출구 사이에 베르누이 방정식을 적용하고, 마찰손실수두 $fL/D \cdot V^2/(2g)$를 반영하여 평균유속을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $L = 100m, D = 0.2m, H = 55m, f = 0.02, g = 10m/s^2$이다.
구해야 할 값: 수평관의 단면 평균유속 V이다.
주의할 조건: 손실은 마찰손실만 고려하지만, 출구의 속도수두 $V^2/(2g)$는 포함해야 한다.

NoteBase

사용할 공식

자유수면 1점과 관 출구 2점에 대해
$H = \frac{V^2}{2g} + f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$
를 적용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 자유수면과 출구가 모두 대기압이고 자유수면 속도는 0으로 볼 수 있으며, 문제에서 손실을 마찰손실만 고려한다고 주어졌기 때문이다.

계산 과정

1. 마찰항 계수는 $fL/D = 0.02 \times 100/0.2 = 10$이다.
2. 따라서
$55 = (1 + 10)\frac{V^2}{2 \times 10} = 11\frac{V^2}{20}$
이다.
3. 정리하면 $V^2 = 100$이므로 $V = 10m/s$이다.

선지별 해설

① X: $V = 1m/s$이면 필요한 총 수두는 $(1 + 10) \times 1^2/(2 \times 10) = 0.55m$에 불과하다. 55m의 낙차를 설명하지 못한다. 평균유속이 $1m/s$라는 표현이 틀렸고, 올바르게는 $10m/s$이다.
② X: $V = 5m/s$이면 필요한 총 수두는 $(1 + 10) \times 25/20 = 13.75m$이다. 주어진 55m와 맞지 않는다. 평균유속이 $5m/s$라는 표현이 틀렸고, 올바르게는 $10m/s$이다.
③ O: $V = 10m/s$이면 필요한 총 수두는 $(1 + 10) \times 100/20 = 55m$로 주어진 H와 정확히 일치한다. 따라서 이 선지가 옳다.
④ X: $V = 20m/s$이면 필요한 총 수두는 $(1 + 10) \times 400/20 = 220m$이다. 주어진 55m보다 지나치게 크다. 평균유속이 $20m/s$라는 표현이 틀렸고, 올바르게는 $10m/s$이다.

오답 포인트

마찰손실만 고려한다는 문장을 보고 출구의 속도수두 $V^2/(2g)$까지 빼버리면 식을 잘못 세우게 된다. 이 문제의 함정은 손실항과 속도수두를 구분하지 않는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

저수지에서 관으로 유출하는 계산형 문제는 자유수면과 출구를 연결한 뒤 대기압 상쇄, 자유수면 속도 0, 출구 속도수두 포함, 주어진 손실항만 추가의 순서로 식을 세우면 된다.

암기 포인트

저수지 유출관은 $H = (1 + fL/D)V^2/(2g)$ 형태로 정리되는 경우가 많다.

NoteBase

문 23. 관수로 벽면의 거친 정도를 표현할 때, 수리학적으로 매끈한 관과 거친 관으로 구분하는 기준은?

① 와류의 발생 유무

② 상대조도의 절댓값

③ 레이놀즈수(R_e)와 상대조도의 비율

④ 층류저층(laminar sublayer)의 두께와 관로 벽면 등가조도의 비율

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 수리학적으로 매끈한 관과 거친 관을 가르는 기준이 벽면 거칠기 자체의 절대값이 아니라 층류저층 두께와 등가조도의 상대적 크기라는 점을 묻는 문제이다.

핵심 개념

수리학적으로 매끈한 관은 거칠기 돌기가 층류저층 안에 묻혀 있어 마찰저항이 주로 점성작용에 의해 결정되는 관이다. 수리학적으로 거친 관은 거칠기 돌기가 층류저층을 뚫고 난류영역에 노출되어 마찰저항이 벽면 거칠기의 영향을 직접 받는 관이다. 결정 차이축은 벽면 등가조도와 층류저층 두께의 상대적 관계이다.

선지별 해설

① X
와류의 발생 유무는 기준이 아니다. 난류 상태에서는 매끈한 관에서도 와류는 발생할 수 있다. 틀린 표현은 "와류의 발생 유무"이다. 올바르게는 층류저층과 거칠기 돌기의 상대적 크기로 구분한다.

② X
상대조도의 절댓값만으로는 부족하다. 같은 상대조도라도 유동 상태에 따라 층류저층 두께가 달라져 수리학적 매끈관 또는 거친관으로 판단이 달라질 수 있다. 틀린 표현은 "상대조도의 절댓값"이다. 올바르게는 등가조도와 층류저층 두께의 관계를 함께 본다.

③ X
수리학적 매끈관과 거친관의 구분을 Re와 상대조도의 비율이라는 하나의 값으로 정하지 않는다. 레이놀즈수는 층류저층 두께에 영향을 주는 변수이지만, 판단 기준 자체는 층류저층과 거칠기 높이의 상대 관계이다. 틀린 표현은 "레이놀즈수(Re)와 상대조도의 비율"이다. 올바르게는 층류저층 두께와 등가조도의 비율을 본다.

④ O
맞는 설명이다. 수리학적으로 매끈한 관과 거친 관은 층류저층 두께에 비해 벽면 등가조도 높이가 작은지 큰지로 구분한다. 거칠기 돌기가 층류저층 안에 있으면 매끈관, 이를 넘어 돌출되면 거친관이다.

NoteBase

오답 포인트

②처럼 거칠기의 크기만 보면 된다고 오해하기 쉽다. 그러나 이 문항은 벽면이 얼마나 거친가보다 그 거칠기가 층류저층 안에 묻히는가를 묻는다. ③도 Re가 들어가면 그럴듯해 보이지만, 직접 비교 대상은 Re 자체가 아니라 Re에 따라 달라지는 층류저층 두께이다.

다시 나오면 이렇게 판단

관의 매끈·거침 구분 문제가 나오면 먼저 거칠기 돌기가 층류저층 안에 있는지 밖으로 튀어나오는지를 기준으로 본다. 절대 거칠기나 상대조도만 단독으로 제시하면 오답 가능성이 높고, 층류저층과 등가조도의 상대 관계를 제시하면 정답 가능성이 높다.

암기 포인트

매끈관은 거칠기가 층류저층 안에 묻히는 관이고, 거친관은 거칠기가 층류저층을 뚫는 관이다.

NoteBase

문 24. 관수로 흐름에서 에너지 손실에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 층류와 난류에서 에너지는 소실된다.

② 층류에서 마찰손실은 유체의 밀도와 점성에 비례한다.

③ 마찰손실은 관로 길이와 마찰손실계수에 비례한다.

④ 밸브, 곡관 등에서 발생하는 손실을 미소손실(minor losses)이라 한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 관수로의 마찰손실과 미소손실을 구분하고, 특히 층류 마찰손실이 어떤 물성치에 의해 결정되는지를 묻는다.

핵심 개념

마찰손실은 관 벽면과의 전단작용으로 관 길이를 따라 누적되는 에너지 손실이다. 미소손실은 밸브, 곡관, 축소·확대부처럼 국부 형상 변화에서 생기는 손실이다. 층류에서는 Hagen-Poiseuille 식으로부터 압력손실이 $\Delta P = 32\mu LV/D^2$이고, 이를 수두손실로 바꾸면 $h_f = \Delta P/(\rho g) = 32\nu LV/(gD^2)$이다. 여기서 동점성계수 $\nu = \mu/\rho$를 거치며 밀도 ρ가 상쇄되므로, 수두손실에는 밀도가 독립 변수로 나타나지 않고 손실은 점성에만 좌우된다.

선지별 해설

1번 O: 관수로에서 에너지 손실은 층류와 난류 모두에서 발생한다. 층류는 점성에 의한 전단 때문에, 난류는 점성에 더해 와류와 혼합에 따른 소산 때문에 손실이 생긴다.
2번 X: 틀린 부분은 "밀도와 점성에 비례한다"는 표현이다. 층류의 수두손실은 Hagen-Poiseuille 식에서 $h_f = 32\nu LV/(gD^2)$로 주어지는데, 동점성계수 $\nu = \mu/\rho$를 거치며 밀도 ρ가 상쇄되어 수두손실에는 독립 변수로 나타나지 않는다. 따라서 층류 마찰손실은 점성에 좌우될 뿐 밀도에 비례하지 않는다. 올바르게는 "층류에서 마찰손실은 주로 유체의 점성에 좌우된다"이다.
3번 O: Darcy-Weisbach식에서 마찰손실은 마찰손실계수와 관로 길이에 비례한다. 같은 유속과 관경 조건이면 $h_f \propto fL$ 관계로 이해할 수 있다.
4번 O: 밸브, 곡관, 급확대, 급축소 등 국부 구조물에서 생기는 손실은 미소손실이다. 관 전체 길이를 따라 누적되는 주손실과 구분한다.

오답 포인트

층류라는 말이 나오면 물성치가 모두 비례항에 들어간다고 막연히 외우기 쉽다. 이 문항은 점성 지배라는 사실과 밀도 비례라는 표현을 의도적으로 섞어 오답을 만든 경우이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

관수로 손실 문제는 먼저 주손실과 미소손실을 나누고, 층류가 나오면 "점성 지배"인지 확인한다. 그다음 손실식이 압력손실인지 수두손실인지 구분하면 밀도 관련 표현의 진위를 더 쉽게 가를 수 있다.

암기 포인트

층류는 점성 지배, 주손실은 관 길이 따라, 미소손실은 밸브·곡관 같은 국부 형상에서 발생한다.

NoteBase

문 25. 광폭직사각형 단면을 가진 개수로에 단위폭당유량 $\frac{\sqrt{5}}{2}m^3/s/m$가 흐르고 있다. 수심이 $0.8m$인 단면에서 형성되는 부등류의 수면곡선형은? (단, 하상경사는 0.01, Manning의 조도계수는 $\frac{\sqrt{5}}{25}$, 에너지보정계수는 1.0, 중력가속도는 $10m/s^2$이다)

① S1

② S3

③ M1

④ M2

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 광폭직사각형 개수로에서 정상수심 y_n과 한계수심 y_c를 구해 하상경사와 현재 수심 구간을 판정하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 단위폭당 유량 $q=\frac{\sqrt{5}}{2}m^2/s$, 하상경사 $S_0=0.01$, Manning 조도계수 $n=\frac{\sqrt{5}}{25}$, 중력가속도 $g=10m/s^2$, 수심 $y=0.8m$이다.
구해야 할 값: 수면곡선형이다.
주의할 조건: 광폭직사각형이므로 $R\approx y$, 단위폭 유량식과 직사각형 한계수심식을 그대로 적용할 수 있다.

사용할 공식

광폭직사각형 개수로의 정상수심식은 $q=\frac{1}{n}y^{5/3}S_0^{1/2}$이다.
직사각형 단면의 한계수심식은 $y_c=\left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 수면곡선형 판정이 y_n, y_c, 현재 수심 y의 대소관계로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 정상수심을 구하면
$\frac{\sqrt{5}}{2}=\frac{1}{\sqrt{5}/25}y_n^{5/3}(0.01)^{1/2}=\frac{25}{\sqrt{5}}y_n^{5/3}\times 0.1=\frac{\sqrt{5}}{2}y_n^{5/3}$
이므로 $y_n^{5/3}=1$, 따라서 $y_n=1.0m$이다.
2. 한계수심을 구하면
$y_c=\left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}=\left(\frac{(\sqrt{5}/2)^2}{10}\right)^{1/3}=\left(\frac{5/4}{10}\right)^{1/3}=\left(\frac{1}{8}\right)^{1/3}=0.5m$
이다.
3. $y_n=1.0m>y_c=0.5m$이므로 경사는 완경사 M형이다.
4. 현재 수심은 $y=0.8m$이므로 $y_c<y<y_n$, 즉 $0.5<0.8<1.0$이다. 따라서 수면곡선형은 $M2$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: S1은 급경사에서 $y > y_n > y_c$일 때의 형식이다. 이 문제는 $y_n > y_c$이므로 급경사가 아니라 완경사이다. 틀린 표현은 "S1"이며, 올바르게는 "M2"이다.
② X: S3은 급경사에서 $y < y_c < y_n$일 때의 형식이다. 이 문제의 현재 수심은 $0.8m$로 $y_c = 0.5m$보다 크다. 틀린 표현은 "S3"이며, 올바르게는 "완경사 구간의 M2"이다.
③ X: M1은 완경사이지만 $y > y_n$일 때의 형식이다. 여기서는 $y = 0.8m$가 $y_n = 1.0m$보다 작다. 틀린 표현은 "M1"이며, 올바르게는 "$y_c < y < y_n$인 M2"이다.
④ O: 완경사에서는 $y_n > y_c$이고, 현재 수심이 y_c와 y_n 사이에 있으면 M2가 된다. 계산 결과 $0.5 < 0.8 < 1.0$이므로 옳다.

오답 포인트

광폭직사각형에서 정상수심과 한계수심을 구하지 않고 현재 수심만 보고 분류하면 M1과 M2를 혼동하기 쉽다. 또 $y_n > y_c$인지 $y_n < y_c$인지 먼저 보지 않으면 M형과 S형 자체를 뒤바꾸기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

개수로 수면곡선 문제는 먼저 y_n과 y_c를 계산해 경사를 M형인지 S형인지 정한 다음, 현재 수심 y가 y_n보다 큰지 작은지와 y_c보다 큰지 작은지를 차례로 비교해 1, 2, 3영역을 판정한다.

암기 포인트

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

NoteBase