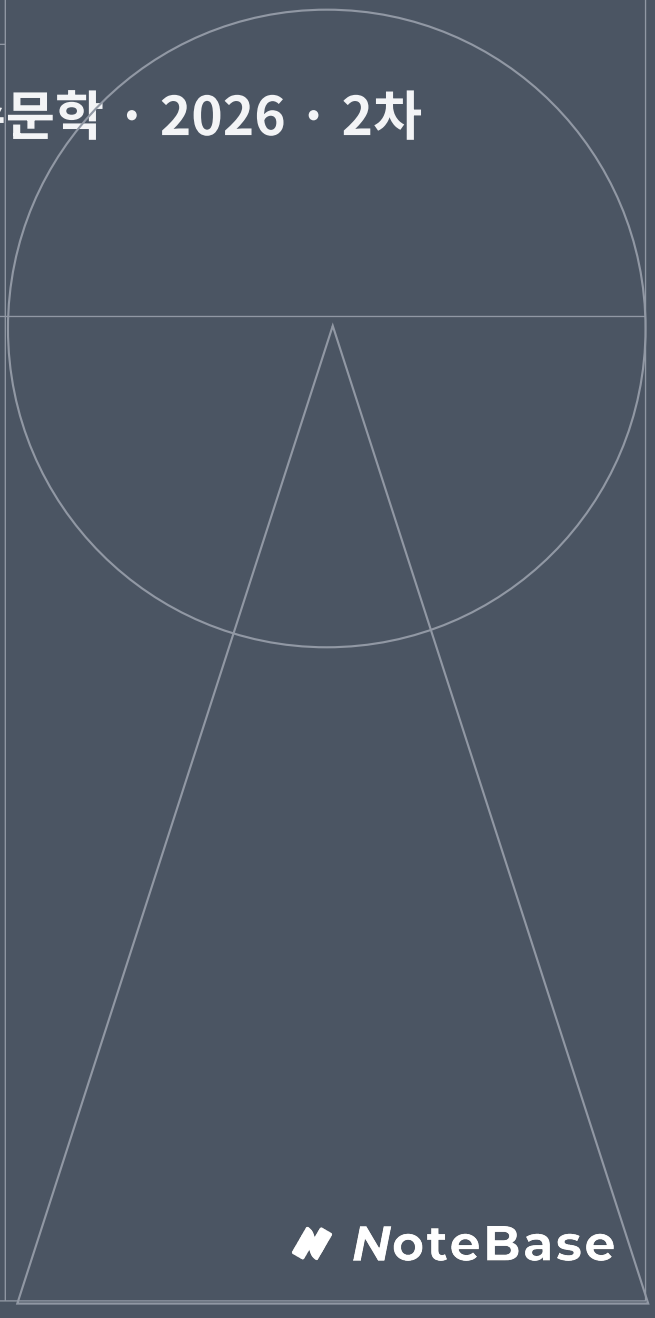
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2026 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2026 · 2차

공무원/국가직/7급 · 수리수문학 · 2026 · 2차

문 1. 유체의 밀도에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 단위는 N/m^3이다.

② 단위체적당 질량을 의미한다.

③ 온도 변화에 관계없이 일정하다.

④ 기체는 압력 변화에 관계없이 일정하다.

정답 2번

간단한 해설

밀도는 유체의 **단위체적당 질량**이며, 단위체적당 무게를 나타내는 단위중량과 구별된다.

선지별 해설

① X: 밀도의 SI 단위는 **kg/m^3**이다. N/m^3은 단위체적당 무게를 뜻하는 단위중량의 단위이다. 단위중량은 밀도에 중력가속도를 곱한 값이므로, 질량을 기준으로 하는 밀도와 구별해야 한다.

② O: 밀도는 **단위체적당 질량**이다. 질량을 m, 체적을 V, 밀도를 ρ라 하면 $\rho = \frac{m}{V}$로 정의한다. 즉, 같은 체적에 들어 있는 질량이 클수록 밀도가 크다.

③ X: 유체의 밀도는 **온도에 따라 달라질 수 있다**. 질량이 일정해도 온도 변화로 체적이 달라지기 때문이다. 예를 들어 열팽창으로 체적이 커지면 단위체적당 질량인 밀도는 작아진다.

④ X: 기체는 압력 변화에 따라 압축되거나 팽창하므로 밀도도 달라진다. **온도가 일정할 때 압력이 커지면** 같은 질량의 기체가 차지하는 체적이 줄어들어 밀도가 증가한다. 따라서 압력 변화와 관계없이 일정하다고 할 수 없다.

NoteBase

문 2. 단위유량도 이론의 기본 가정에 해당하지 않는 것은?

① 비례 가정

② 중첩 가정

③ 일정 유량 가정

④ 일정 기저시간 가정

정답 3번

간단한 해설

단위유량도 이론은 **유량이 시간에 따라 일정하다고 가정하지 않는다**. 같은 지속시간의 유효우량에 대해 일정하다고 보는 것은 유량 자체가 아니라 직접유출이 이어지는 **기저시간**이다.

선지별 해설

단위유량도는 특정 유역에 일정한 지속시간 동안 단위 깊이의 유효우량이 균일하게 내릴 때 발생하는 직접유출의 시간별 유량을 나타낸 곡선이다. 유효우량은 강우 중 침투 등의 손실을 제외하고 직접유출을 일으키는 부분이다.

① O: 비례 가정은 같은 유역에서 유효우량의 지속시간이 같으면 직접유출 수문곡선의 각 시각 유량이 **유효우량의 깊이에 비례**한다는 뜻이다. 예를 들어 유효우량의 깊이가 2배가 되면 대응하는 각 시각의 직접유출량도 2배가 된다.

② O: 중첩 가정은 연속된 유효우량을 일정한 지속시간의 구간들로 나누고, 각 구간이 만드는 직접유출 수문곡선을 구한 뒤 **발생 시각에 맞추어 같은 시각의 유량을 더할 수 있다**는 뜻이다. 이에 따라 여러 구간의 유효우량으로 발생하는 전체 직접유출 수문곡선을 구성한다.

③ X: 단위유량도는 직접유출량이 시간에 따라 증가하여 첨두에 도달한 뒤 감소하는 변화를 나타내므로, **유량 자체가 일정하다는 가정은 없다**. 일정하게 가정하는 강우 조건은 단위 지속시간 내 유효우량의 강도와 유역 내 공간적 분포이다. 이를 유출 유량의 일정성과 혼동하면 안 된다.

④ O: 기저시간은 직접유출이 시작되어 끝날 때까지의 시간이다. 일정 기저시간 가정은 같은 유역에서 **유효우량의 지속시간이 같으면** 강도나 깊이가 달라도 직접유출 수문곡선의 기저시간이 같다는 뜻이다. 유량의 크기는 비례하여 달라질 수 있으므로 일정 기저시간과 일정 유량은 서로 다른 개념이다.

NoteBase

문 3. 가능최대강수량(probable maximum precipitation)을 산정하는 방법에 해당하지 않는 것은?

① NRCS 방법

② 수문기상학적 방법

③ 포락곡선(envelop curve) 방법

④ 통계학적 방법

정답 1번

간단한 해설

NRCS 방법은 주어진 강우량과 유역의 특성으로 **직접유출량**을 추정하는 방법이다. 기상학적으로 가능한 강수량의 상한인 가능최대강수량을 산정하는 방법에는 해당하지 않는다.

선지별 해설

가능최대강수량(PMP)은 주어진 지역·면적·지속기간과 시기에서 기상학적으로 발생할 수 있는 최대 강수깊이이다. 각 방법이 이 강수량의 상한을 추정하는 방법인지 판단한다.

① X: NRCS 방법은 토양과 토지피복 등의 특성을 유출곡선지수(CN)에 반영하여, 주어진 강우 중 손실을 제외하고 **직접유출로 이어지는 양**을 추정한다. 즉, 강우량을 입력하여 유출량을 구하는 방법이며, 강수량 자체의 최대 한계를 산정하는 방법은 아니다.

② O: 수문기상학적 방법은 큰 호우의 강수자료와 대기 중 수분 등 기상조건을 분석한다. 관측 호우의 수분조건을 가능한 최대 수준으로 조정하는 **수분 최대화**와, 기상학적으로 유사한 지역의 호우를 대상 지역에 옮겨 적용하는 호우 전이 등을 통해 가능최대강수량을 추정한다.

③ O: 포락곡선 방법은 여러 호우의 강수자료를 지속기간과 면적 등의 조건에 따라 비교하고, **큰 값들을 감싸는 상한 곡선**을 이용한다. 가능최대강수량 산정에서는 최대화·전이한 호우자료 등을 포락하여 해당 지속기간과 면적에서의 최대 강수깊이를 추정한다.

④ O: 통계학적 방법은 강수 관측자료의 통계적 특성을 이용하여 가능최대강수량을 추정한다. 대표적인 Hershfield 방법은 연최대 강수량 계열의 평균과 표준편차에, 여러 관측소 자료에서 얻은 **극한 수준의 빈도계수**를 적용한다. 따라서 단순히 특정 재현기간의 확률강수량을 구하는 것과 구별된다.

NoteBase

문 4. 폭이 b이고 수심이 h인 직사각형 단면 개수로에서 최적수리단면(best hydraulic section)의 폭과 수심의 관계는?

① $b = \frac{1}{2}h$

② $b = h$

③ $b = \sqrt{2}\,h$

④ $b = 2h$

정답 4번

간단한 해설

최적수리단면은 **같은 통수단면적에서 윤변이 최소**가 되는 단면이다. 직사각형 개수로는 바닥과 양쪽 벽만 물에 접하므로, 이 조건을 만족하는 관계는 $b = 2h$, 즉 폭이 수심의 두 배이다.

계산 과정

최적화 기준: 통수단면적 A, 조도와 수로 경사가 같을 때 동수반경 $R = \frac{A}{P}$가 클수록 통수능력이 크다. 따라서 최적수리단면은 **통수단면적을 일정하게 두고 윤변 P를 최소화**하여 구한다. 폭 b와 수심 h는 모두 양수이며 같은 길이 단위를 사용한다.

단면적과 윤변: 직사각형 단면에서 $A = bh$, $P = b + 2h$이다. 윤변은 물이 수로 벽면과 접하는 길이이므로 **자유수면의 폭은 포함하지 않는다**. 단면적을 고정하면 $b = \frac{A}{h}$이므로 $P = \frac{A}{h} + 2h$로 나타낼 수 있다.

윤변의 최소 조건: 수심에 대해 미분하면 $\frac{dP}{dh} = -\frac{A}{h^2} + 2$이다. 이를 0으로 놓으면 $A = 2h^2$를 얻는다. 또한 $\frac{d^2P}{dh^2} = \frac{2A}{h^3} > 0$이므로 이 조건에서 윤변은 최솟값을 갖는다.

폭과 수심의 관계: $b = \frac{A}{h}$에 $A = 2h^2$를 대입하면 $b = 2h$이다. 따라서 최적수리단면의 **폭은 수심의 두 배**이며, 이는 ④의 관계와 일치한다.

NoteBase

문 5. 표준 대기압에서 물의 온도가 10°C에서 50°C로 상승할 때 나타나는 현상으로 옳지 않은 것은?

① 밀도가 감소한다.

② 점성계수가 감소한다.

③ 표면장력이 감소한다.

④ 체적탄성계수가 감소한다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '체적탄성계수가 감소한다'는 표현이 잘못되었다. 표준 대기압에서 물의 온도가 10°C에서 50°C로 상승하면 **체적탄성계수는 증가**하여 압력에 의한 체적 변화에 더 강하게 저항한다.

선지별 해설

① O: 밀도는 단위 체적당 질량이다. 물은 약 4°C에서 밀도가 가장 크며, **10°C에서 50°C로 가열하면 열팽창**한다. 같은 질량의 물이 차지하는 체적이 커지므로 밀도는 감소한다.

② O: 점성계수는 유체 내부에서 서로 다른 속도로 움직이는 층 사이의 마찰 저항을 나타내는 물성이다. 액체인 물은 이 온도 구간에서 온도가 높아질수록 **흐름에 대한 점성 저항이 작아져** 점성계수가 감소한다.

③ O: 표면장력은 액체의 표면적을 줄이려는 성질로, 물 분자 사이의 응집 작용과 관련된다. 온도가 높아지면 분자의 열운동이 활발해져 **표면을 수축시키는 응집 작용이 약해지므로** 표면장력이 감소한다.

④ X: 체적탄성계수는 압력을 가했을 때 체적 감소에 저항하는 정도이다. 값이 클수록 같은 압력 증가에 따른 체적 감소율이 작아 압축되기 어렵다. 표준 대기압에서 물의 온도가 10°C에서 50°C로 상승하면 체적탄성계수는 **감소하지 않고 증가한다**. 온도 상승에 따른 열팽창과 압력 증가에 따른 압축은 서로 다른 물성 변화이므로 구별해야 한다.

NoteBase

문 6. 유적선에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 특정 시간에 속도가 같은 점을 연결한 선

② 특정 시간에 유동방향에 접선이 되도록 유동장에 그려진 선

③ 일정 시간 동안 특정 유체입자가 이동한 경로를 연결한 선

④ 일정 시간 동안 특정 지점을 통과한 유체입자들의 현재 위치를 연결한 선

정답 3번

간단한 해설

유적선은 **특정한 한 유체입자**가 시간의 흐름에 따라 이동한 궤적이다. 한 시각의 속도 분포가 아니라 **같은 입자의 이동 경로**를 연결한다.

공통 해설

유적선은 **한 유체입자의 위치를 시간에 따라 추적**하여 얻는 이동 경로이다. 예를 들어 표시한 유체입자 하나가 시간의 흐름에 따라 A, B, C를 차례로 지났다면, 그 입자가 실제로 지나온 궤적이 유적선이다. 따라서 '일정 시간 동안 특정 유체입자가 이동한 경로를 연결한 선'이라는 설명이 이 정의에 해당한다.

특정 시간에 속도가 같은 점을 연결하는 것은 속도의 같음을 기준으로 하므로 한 입자의 이동 이력을 나타내지 않는다. 특정 시간의 유동방향에 접하도록 그린 선도 그 순간의 속도장을 기준으로 하므로 유적선의 정의와 다르다. 또한 특정 지점을 통과한 입자들의 현재 위치를 연결하는 것은 **여러 입자의 한 시각 위치**를 모은 것으로, 한 입자의 시간별 위치를 연결하는 유적선과 구별된다.

NoteBase

문 7. 수면으로부터 수심(h)의 20%, 40%, 60%, 80% 깊이에서 측정한 유속이 다음과 같을 때, 3점법으로 계산한 평균유속[m/s]은?

수면으로부터의 깊이	$0.2h$	$0.4h$	$0.6h$	$0.8h$
유속[m/s]	4	3	2	1

① $\frac{7}{3}$
② $\frac{8}{3}$
③ $\frac{9}{4}$
④ $\frac{11}{4}$

정답 3번

간단한 해설

3점법은 수면으로부터 수심의 20%, 60%, 80% 지점의 유속을 사용하며, **60% 지점의 유속에 두 배의 가중치**를 준다. 이 방법으로 구한 평균유속은 $\frac{9}{4}$ m/s이다.

계산 과정

측정값 선택: 표에서 수면으로부터 깊이 $0.2h$, $0.6h$, $0.8h$의 유속은 각각 4 m/s, 2 m/s, 1 m/s이다. 3점법은 이 세 지점의 측정값으로 한 연직선상의 평균유속을 추정하므로, **깊이 40% 지점의 3 m/s는 사용하지 않는다**.

공식 적용: $v_{0.2}$, $v_{0.6}$, $v_{0.8}$을 각각 수면으로부터 수심의 20%, 60%, 80% 지점에서 측정한 유속이라 하면, 3점법의 평균유속은 $\bar{v} = \frac{v_{0.2} + 2v_{0.6} + v_{0.8}}{4}$이다. 이는 **20%·80% 지점 유속의 평균과 60% 지점 유속을 다시 평균**한 것이므로, 세 측정값을 같은 비중으로 더해 3으로 나누는 방식과 다르다.

수치 계산: 먼저 20%·80% 지점 유속의 평균은 $\frac{4+1}{2} = \frac{5}{2}$ m/s이다. 이를 60% 지점의 유속 2 m/s와 평균하면 $\bar{v} = \frac{5/2 + 2}{2} = \frac{9}{4}$ m/s이다. 따라서 평균유속은 2.25 m/s이며, 선택지 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. 유역면적이 2 km^2, 유출계수는 0.75인 유역이 있다. 유입시간과 유하시간이 각각 5분과 10분이고 강우강도식이 $I = \frac{3,600}{t+10}$일 때, 합리식으로 계산한 첨두홍수량[m^3/s]은? (단, I는 강우강도[mm/hr], t는 강우지속시간[분]이다)

① 50

② 60

③ 75

④ 100

정답 2번

간단한 해설

강우지속시간은 **유입시간과 유하시간의 합인 15분**으로 잡는다. 이때 강우강도는 144 mm/hr이고, 이를 합리식에 적용하면 첨두홍수량은 60 m^3/s이다.

계산 과정

도달시간: 합리식은 유역 전체에서 발생한 유출이 출구의 유량에 기여하는 조건으로 첨두홍수량을 구한다. 따라서 강우강도를 정할 때의 강우지속시간은 **유입시간과 유하시간을 합한 도달시간**으로 둔다. 주어진 두 시간의 합은 5 + 10 = 15분이므로 t = 15를 사용한다.

강우강도: 강우강도식의 t는 분 단위이므로 15를 그대로 대입한다. $I = \frac{3,600}{15+10} = 144$ mm/hr이다. 이는 15분 동안의 강우에 적용할 평균 강우강도이며, 15분간의 총강우량을 뜻하지 않는다.

첨두홍수량: 유출계수 C = 0.75는 강우 중 유출에 기여하는 비율이고, 유역면적 A = 2 km^2이다. 강우강도 I를 mm/hr, 면적 A를 km^2로 넣고 유량 Q를 m^3/s로 구하는 합리식은 $Q = \frac{CIA}{3.6}$이다. 분모 3.6은 **강우강도와 면적을 유량 단위로 바꾸는 환산계수**이다. 1 mm/hr의 강우가 1 km^2에 내리면 시간당 물의 부피가 1,000 m^3이므로, 초당 부피로 바꾸면 $\frac{1,000}{3,600} = \frac{1}{3.6}$ m^3/s가 된다. 따라서 $Q = \frac{0.75 \cdot 144 \cdot 2}{3.6} = 60$ m^3/s이다.

계산된 첨두홍수량 60 m^3/s는 ②의 60에 해당한다.

NoteBase

문 9. 대기와 접하고 있는 유체가 0.5 m 깊이에서 절대압력이 105 kPa일 때, 대기압의 절대압력[kPa]은? (단, 유체의 단위중량은 8 kN/m^{3}이다)

① 4

② 97

③ 101

④ 109

정답 3번

간단한 해설

깊이 0.5 m에서의 절대압력에는 **대기압과 유체 무게에 의한 압력 증가분**이 함께 포함된다. 압력 증가분이 4 kPa이므로 대기압은 105 − 4 = 101 kPa이다.

계산 과정

대기와 접한 자유수면의 절대압력은 대기압이다. 정지한 유체에서는 깊이가 깊어질수록 위에 놓인 유체의 무게 때문에 압력이 증가하므로 $p = p_a + \gamma h$가 성립한다. 여기서 p는 깊이 h에서의 절대압력, p_a는 대기압의 절대압력, γ는 유체의 단위중량이다.

깊이 0.5 m까지의 압력 증가분은 γh이므로 $8 \times 0.5 = 4$ kPa이다. 단위중량에 깊이를 곱하면 단위가 kN/m^{2}이 되고, 1 kN/m^2 = 1 kPa이다. 이 4 kPa은 **대기압을 초과하는 압력**이다.

주어진 105 kPa은 이 증가분을 포함한 절대압력이므로, 대기압을 구할 때는 **압력 증가분을 뺀다**. $p_a = p - \gamma h$에 따라 105 − 4 = 101 kPa이며, ③의 101 kPa에 해당한다.

NoteBase

문 10. 폭 25 m, 깊이 40 m, 공극률 0.2인 대수층에서 공극유속이 5 m/day일 때, 대수층 흐름의 Darcy 유속[m/day]과 유량[m^3/day]은?

① Darcy 유속: 1, 유량: 1,000

② Darcy 유속: 1, 유량: 5,000

③ Darcy 유속: 25, 유량: 5,000

④ Darcy 유속: 25, 유량: 25,000

정답 1번

간단한 해설

Darcy 유속은 공극유속에 **공극률을 곱한 값**이므로 0.2 × 5 = 1 m/day이다. 여기에 대수층의 전체 단면적 1,000 m^2를 곱하면 유량은 1,000 m^3/day이다.

계산 과정

전체 단면적: 흐름에 수직인 대수층의 단면적 A는 폭과 깊이를 곱한 값이다. 따라서 A = 25 × 40 = 1,000 m^2이며, 이는 공극뿐 아니라 흙 입자가 차지하는 부분까지 포함한다.

Darcy 유속: 공극유속 v_p는 물이 공극을 통과하는 평균 유속이고, Darcy 유속 q는 유량 Q를 **대수층의 전체 단면적으로 나눈 값**이다. 공극률을 n이라 하면 $v_p = \frac{Q}{nA}$, $q = \frac{Q}{A} = nv_p$이므로 $q = 0.2 \cdot 5 = 1$m/day이다. 전체 단면적을 기준으로 환산하므로 Darcy 유속은 공극유속보다 작다.

유량: Darcy 유속은 이미 공극률을 반영한 값이므로 **전체 단면적을 곱한다**.
$Q = qA = 1 \cdot 1{,}000 = 1{,}000 m^3$/day이다. Darcy 유속 1 m/day와 유량 1,000 m^3/day의 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 11. 개수로 점변류에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 수로경사가 한계경사일 때 등류수심과 한계수심은 일치한다.

② 수로경사가 한계경사보다 급할 때 등류수심이 한계수심보다 크다.

③ 완경사 수로에서 수심이 한계수심보다 클 때 프루드수(Froude number)는 1보다 작다.

④ 급경사 수로에서 수심이 한계수심과 등류수심 사이에 위치할 때 S2 수면곡선형이 나타난다.

정답 2번

간단한 해설

②의 '등류수심이 한계수심보다 크다'는 크기 관계를 반대로 설명한 것이다. 수로경사가 한계경사보다 급한 급경사 수로에서는 **등류수심이 한계수심보다 작다**.

선지별 해설

등류수심은 주어진 유량이 일정한 수로에서 수심 변화 없이 흐를 때의 수심이고, 한계수심은 같은 유량에서 비에너지가 최소가 되는 수심이다. 한계수심에서는 프루드수가 1이다. 수로경사의 완급은 등류수심과 한계수심의 관계로, 실제 흐름의 상류·사류 여부는 실제 수심과 한계수심의 관계로 구분한다.

① O: 한계경사는 주어진 유량·수로 단면·조도 조건에서 **등류수심과 한계수심이 같아지는 수로경사**이다. 따라서 수로경사가 한계경사와 같으면 등류 상태의 흐름이 한계류가 되어 두 수심이 일치한다.

② X: 수로경사가 한계경사보다 급하면 급경사 수로이며, **등류수심은 한계수심보다 작다**. 같은 유량·수로 단면·조도 조건에서는 경사가 커질수록 더 얕은 수심으로도 유량을 흘려보낼 수 있으므로 등류수심이 작아진다. '등류수심이 한계수심보다 크다'는 완경사 수로의 관계이다.

③ O: 실제 수심이 한계수심보다 크면 **프루드수가 1보다 작은 상류**이다. 프루드수는 평균유속을 수면파의 전파속도로 나눈 값으로, 상류에서는 평균유속이 수면파의 전파속도보다 작다. 따라서 선지처럼 완경사 수로에서 실제 수심이 한계수심보다 큰 경우 프루드수는 1보다 작다.

④ O: 급경사 수로에서는 등류수심이 한계수심보다 작다. 수면곡선 분류에서 S는 급경사 수로를, 숫자 2는 **등류수심과 한계수심 사이의 수심 구간**을 뜻한다. 따라서 실제 수심이 등류수심보다 크고 한계수심보다 작으면 S2 수면곡선형이다.

NoteBase

문 12. 강우지속기간이 1시간인 단위유량도가 다음과 같을 때, 정수배 방법을 이용하여 계산한 강우지속기간이 3시간인 단위유량도 종거의 최댓값[m^3/s]은?

시간[hr]	유량[m^3/s]
0	0
1	6
2	12
3	8
4	3
5	0

① $\frac{29}{4}$
② $\frac{26}{3}$
③ $\frac{29}{3}$
④ 12

정답 2번

간단한 해설

정수배 방법에서는 1시간 단위유량도 세 개를 **1시간씩 지연하여 합한 뒤 3으로 나눈다**. 연속한 세 종거의 합이 가장 큰 시점은 3시간이며, 이때 3시간 단위유량도의 종거는 $\frac{8+12+6}{3} = \frac{26}{3}\ m^3/s$이다.

NoteBase

계산 과정

주어진 자료: 표의 시간 간격은 1시간이고, 0~5시간의 유량은 차례로 0, 6, 12, 8, 3, 0 m^3/s이다. 1시간 단위유량도는 1시간 동안 균일하게 내린 단위 유효우량에 대한 직접유출의 시간별 유량을 나타낸다.

지속기간 변환: 3시간은 1시간의 3배이므로 원래 단위유량도와 이를 각각 1시간, 2시간 지연시킨 단위유량도를 합한다. 이 합은 3시간 동안 총 3단위의 유효우량이 내린 경우에 해당하므로, **총 유효우량을 1단위로 맞추기 위해 합성 종거를 3으로 나눈다**.

합성 종거 계산: 같은 시각에 겹치는 세 유량을 더한다. 0~7시간의 합성 종거는 차례로 0, 6, 18, 26, 23, 11, 3, 0 m^3/s이다. 예를 들어 3시간에서는 원래 유량 8 m^3/s, 1시간 지연된 유량 12 m^3/s, 2시간 지연된 유량 6 m^3/s가 겹쳐 26 m^3/s가 된다. 이후에는 각각 3 + 8 + 12 = 23, 0 + 3 + 8 = 11, 0 + 0 + 3 = 3 m^3/s로 감소한다.

최댓값: 모든 합성 종거를 같은 수 3으로 나누므로, 합성 종거가 최대인 3시간에서 3시간 단위유량도의 종거도 최대가 된다. 3시간 단위유량도의 종거를 $U_3(t)$, 시간 t의 단위를 시간으로 두면, $U_3(3) = \frac{8 + 12 + 6}{3} = \frac{26}{3}$ m^3/s이다. 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 직경 2 cm인 수평 관수로에서 물이 4 m 흐르는 동안 압력강하가 6 kPa 발생했을 때, 관로 벽면에서의 마찰응력[N/m^2]은? (단, 관수로 흐름은 층류이다)

① 7.5

② 75

③ 750

④ 7,500

정답 1번

간단한 해설

수평 원형 관의 벽면 마찰응력은 **압력차에 의한 힘과 벽면 마찰력의 평형**으로 구한다. $\tau_w = \frac{\Delta p D}{4L}$에 주어진 값을 대입하면 7.5 N/m^{2}이다.

계산 과정

주어진 직경은 D = 2 cm = 0.02 m, 관 길이는 L = 4 m, 압력강하는 Δp = 6 kPa = 6,000 N/m^{2}이다. 벽면 마찰응력의 크기를 구하며, 정상·완전발달한 관내 흐름으로 본다.

수평 관에서는 흐름 방향의 중력 성분이 없고, 완전발달한 흐름은 두 단면의 속도분포가 같으므로 운동량 유출입의 차이가 없다. 따라서 **압력차가 만드는 힘과 벽면 마찰력이 평형**을 이룬다. 관 단면적을 A, 젖은둘레를 P, 벽면 마찰응력을 τ_w라 하면 $\Delta p A = \tau_w P L$이다. 원형 관에서는 $A = \frac{\pi D^2}{4}$, $P = \pi D$이므로 $\tau_w = \frac{\Delta p D}{4L}$을 얻는다.

단위를 통일한 값을 대입하면 $\tau_w = \frac{6000 \cdot 0.02}{4 \cdot 4} = 7.5$ N/m^{2}이다. 압력강하는 관의 단면적에 작용하지만, 마찰력은 관 길이 전체의 벽면적에 작용하므로 **두 힘이 작용하는 면적을 구별**해야 한다.

벽면 마찰응력의 크기는 7.5 N/m^{2}이며, ①의 7.5에 해당한다.

NoteBase

문 14. 수력발전소에서 2 m^3/s의 유량으로 발전하고 있다. 총낙차는 100 m, 관로의 손실수두가 10 m, 수차와 발전기의 합성효율이 80%일 때, 발전되는 동력[kW]은? (단, 물의 단위중량은 10 kN/m^3이다)

① 1,440

② 1,760

③ 2,250

④ 2,750

정답 1번

간단한 해설

발전 동력은 **관로 손실을 뺀 유효낙차**에 합성효율을 적용하여 구한다. 유효낙차 90 m에 해당하는 수력 1,800 kW의 80%가 전력으로 변환되므로 발전 동력은 1,440 kW이다.

계산 과정

유효낙차: 총낙차 100 m에서 관로의 손실수두 10 m를 빼면 유효낙차는 $100 - 10 = 90$ m이다. 관로에서 소모된 에너지를 제외한 **수차가 이용할 수 있는 낙차**를 사용한다.

수력 계산: 물의 단위중량을 γ, 유량을 Q, 유효낙차를 H라 하면 수차에 공급되는 수력은 γQH이다. 단위중량과 유량의 곱은 초당 흐르는 물의 중량이고, 여기에 유효낙차를 곱하면 초당 공급되는 에너지가 된다. 주어진 값은 단위중량 10 kN/m^3, 유량 2 m^3/s이므로 수력은 $10 \times 2 \times 90 = 1{,}800$ kW이다. 이때 1 kN·m/s = 1 kW이다.

발전 동력: 수차와 발전기의 합성효율을 η라 하면 발전 동력은 $P = \eta\gamma QH$이다. 합성효율 80%는 수차에 공급된 수력 중 **전력으로 변환되는 비율**이므로 0.8을 한 번 곱한다. 따라서 발전 동력은 $0.8 \times 1{,}800 = 1{,}440$ kW로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 15. 마찰손실계수에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 차원해석에 의하면 레이놀즈수(Re)와 상대조도의 함수이다.
ㄴ. 층류영역에서 레이놀즈수에 비례한다.
ㄷ. 5,000 < Re < 50,000 범위의 난류영역에서 수리학적으로 매끈한 관로에서는 레이놀즈수의 함수로 표현할 수 있다.
ㄹ. 완전난류영역의 거친관에서는 레이놀즈수에 반비례한다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄹ
④ ㄷ, ㄹ

정답 2번

간단한 해설

수리학적으로 매끈한 관의 난류에서는 마찰손실계수가 **레이놀즈수만의 함수**로 표현된다. 반면 완전난류영역의 거친관에서는 **상대조도만으로 결정**되므로 레이놀즈수에 반비례하지 않는다.

보기별 해설

ㄱ. O: 관 마찰손실계수 f는 차원해석에 따라 $f = \Phi(Re, \varepsilon/D)$로 표현할 수 있다. 여기서 ε는 관벽의 조도 높이, D는 관 지름이며, **상대조도**는 ε/D이다. 즉 유동의 관성력과 점성력의 관계를 나타내는 레이놀즈수와 관벽의 상대적인 거칠기가 지배변수이다.

ㄴ. X: 원형 관의 완전히 발달한 층류에서 Darcy 마찰손실계수는 $f = \frac{64}{Re}$이다. 따라서 레이놀즈수에 비례하는 것이 아니라 **반비례**한다. 레이놀즈수가 2배가 되면 마찰손실계수는 절반이 된다.

ㄷ. O: 수리학적으로 매끈한 관에서는 관벽의 거친 돌기가 점성저층 안에 묻혀 있어 거칠기의 영향이 나타나지 않는다. 따라서 제시된 5,000 < Re < 50,000 범위에서는 마찰손실계수를 **레이놀즈수만의 함수**로 표현할 수 있다. 대표적으로 Blasius 경험식 $f = 0.3164Re^{-1/4}$을 적용할 수 있다.

ㄹ. X: 완전난류영역의 거친관에서는 거친 돌기에 의한 저항이 지배적이므로, 상대조도가 일정하면 마찰손실계수는 **레이놀즈수와 무관하게 일정**하다. 따라서 레이놀즈수에 반비례하는 것이 아니라 상대조도만의 함수로 표현된다.

옳은 보기는 ㄱ, ㄷ이므로 ②의 조합에 해당한다.

NoteBase

문 16. Hardy Cross 관망해석방법에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?

ㄱ. 각 교차점에서 유입되는 유량의 합과 유출되는 유량의 합은 동일해야 한다.
ㄴ. 폐합회로에서 발생하는 수두손실의 합이 0에 점근하도록 반복 계산하여 유량을 구하는 방법이다.
ㄷ. Darcy-Weisbach 공식을 이용하는 경우 수두손실은 유량의 1.85제곱에 선형 비례한다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 1번

간단한 해설

Hardy Cross법은 각 교차점의 유량 보존과 폐합회로의 에너지 보존을 함께 만족시키도록 유량을 보정한다. ㄷ의 지수 1.85는 **Hazen-Williams 공식**에 해당하며, Darcy-Weisbach 공식은 마찰계수를 일정하게 보면 수두손실이 **유량의 제곱에 비례**한다.

보기별 해설

ㄱ. O: 교차점에 물이 축적되지 않는 정상류에서는 질량보존에 따라 **유입 유량의 합과 유출 유량의 합이 같다**. 교차점에서 외부로 공급하거나 취수하는 유량도 유입·유출에 포함한다. Hardy Cross법은 이 연속조건을 만족하는 초기 유량을 가정한 뒤 보정을 시작한다.

ㄴ. O: 폐합회로를 한 바퀴 돌아 출발점으로 돌아오면 수두가 원래 값과 같아야 하므로, 회로 방향에 따른 **수두손실의 대수합이 0**이어야 한다. 회로를 도는 방향과 실제 흐름 방향이 같으면 양, 반대이면 음의 부호를 붙인다. Hardy Cross법은 교차점의 연속조건을 유지하면서 회로별 유량을 반복 보정하여 이 대수합이 0에 가까워지도록 한다. 각 관의 수두손실 크기 자체를 모두 0으로 만드는 것은 아니다.

ㄷ. X: Darcy-Weisbach 공식은 $h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$이다. 여기서 h_f는 마찰 수두손실, f는 관 마찰계수, L은 관 길이, D는 관 지름, V는 평균 유속, g는 중력가속도이다. 같은 관에서는 단면적 A가 일정하고 $V = Q/A$이므로, **마찰계수 f를 일정하게 보면** $h_f \propto Q^2$이다. 유량 Q의 약 1.85제곱에 비례하는 관계는 관의 길이·지름과 조도계수가 같은 조건에서의 Hazen-Williams 공식에 해당한다. 실제 Darcy-Weisbach 공식의 f는 흐름 상태에 따라 달라질 수 있으므로, 모든 조건에서 정확히 제곱 비례한다고 일반화하지 않는다.

따라서 옳은 보기는 ㄱ, ㄴ이며, 이 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 17. 폭이 3 m인 직사각형 수로에 $\sqrt{\frac{10}{3}}$ m^3/s의 물이 흐르고 있다. 흐름의 등류수심이 $\frac{\sqrt{3}}{3}$ m일 때, 한계수심[m]과 수로경사는? (단, 에너지 보정계수는 1.0, 중력가속도는 10 m/s^2이다)

① 한계수심: $\frac{1}{3}$, 수로경사: 완경사

② 한계수심: $\frac{1}{3}$, 수로경사: 급경사

③ 한계수심: $\frac{2}{3}$, 수로경사: 완경사

④ 한계수심: $\frac{2}{3}$, 수로경사: 급경사

정답 1번

간단한 해설

직사각형 수로의 한계수심은 $y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gB^2}} = \frac{1}{3}$ m이다. 주어진 **등류수심이 한계수심보다 크므로** 수로는 완경사이다.

계산 과정

수로 폭은 B = 3 m, 유량은 $Q = \sqrt{\frac{10}{3}}$ m^3/s, 등류수심은 $y_n = \frac{\sqrt{3}}{3}$ m이며, 중력가속도는 g = 10 m/s^2이다.

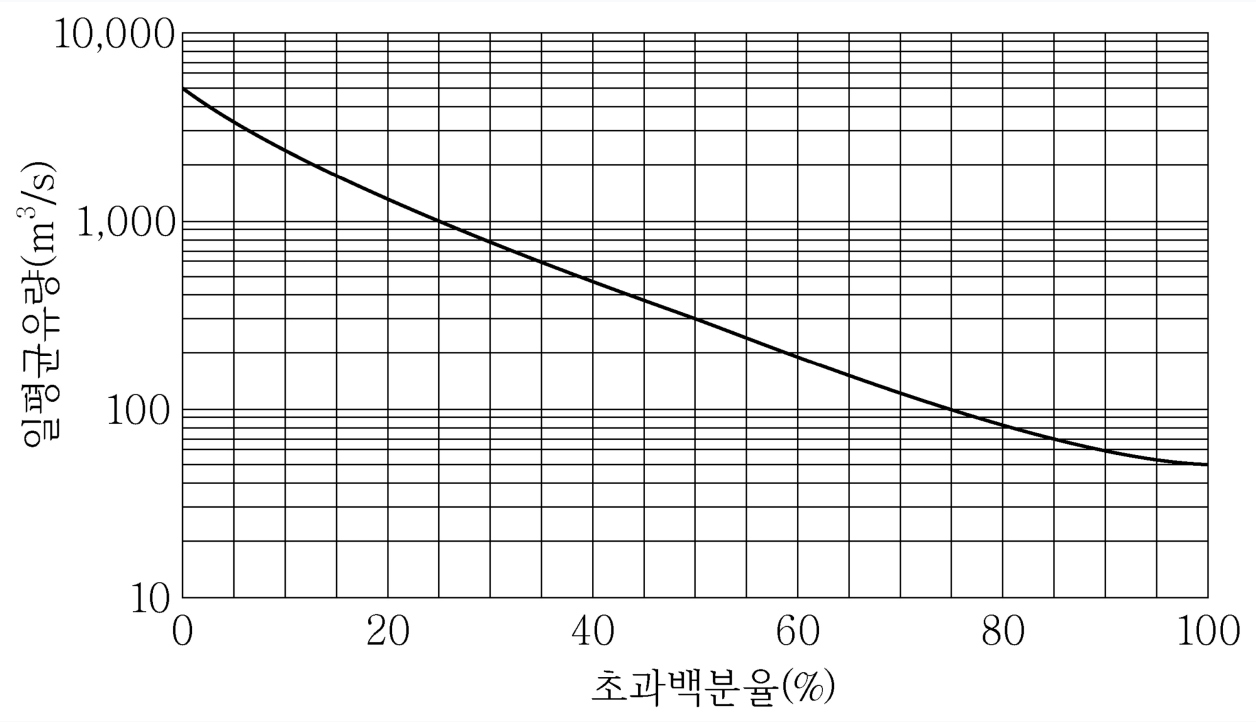
한계수심 계산: 한계수심은 주어진 유량에서 **비에너지가 최소가 되는 수심**이다. 에너지 보정계수가 1.0인 직사각형 수로에서는 $E = y + \frac{Q^2}{2gB^2y^2}$이므로, 최소 조건에서 $y_c^3 = \frac{Q^2}{gB^2}$이다. 여기서 $Q^2 = \frac{10}{3}$이고 $gB^2 = 10 \cdot 3^2 = 90$이므로, $y_c^3 = \frac{10}{3 \cdot 90} = \frac{1}{27}$ m^3이다. 따라서 $y_c = \frac{1}{3}$ m이다.

수로경사 판별: 같은 유량에서 **등류수심이 한계수심보다 크면 완경사**, 작으면 급경사이다. 주어진 $y_n = \frac{\sqrt{3}}{3}$ m는 $y_c = \frac{1}{3}$ m보다 크므로 완경사에 해당하며, 등류 상태의 흐름은 상류이다.

한계수심 $\frac{1}{3}$ m와 완경사의 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 18. 유황곡선이 다음과 같을 때, 유량변동계수(하상계수)는?



① 50

② 100

③ 300

④ 5,000

정답 2번

간단한 해설

유량변동계수는 **최대유량을 최소유량으로 나눈 값**이다. 그래프에서 두 유량은 각각 5,000 m^3/s와 50 m^3/s이므로, 유량변동계수는 100이다.

NoteBase

계산 과정

유황곡선은 일평균유량을 큰 값부터 배열하여 초과백분율에 따라 나타낸 곡선이다. 가로축의 왼쪽 끝인 0%에서 최대유량은 5,000 m^3/s, 오른쪽 끝인 100%에서 최소유량은 50 m^3/s로 읽는다. 세로축은 **로그 눈금**이므로 10, 100, 1,000, 10,000이 같은 간격으로 표시되어 있다.

유량변동계수(하상계수) K는 같은 관측기간의 최대유량 Q_{max}을 최소유량 Q_{min}으로 나눈 비이다. 따라서 $K = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$을 적용한다.

그래프에서 읽은 값을 대입하면 $K = \frac{5{,}000}{50} = 100$이다. 두 유량의 단위가 같아 약분되므로 계수에는 단위가 없다. 이는 **최대유량이 최소유량의 100배**라는 뜻이며, 계산값 100은 ②에 해당한다.

NoteBase

문 19. 여수로와 감세공의 수리모형실험을 위하여 축척 $\frac{1}{100}$으로 모형을 제작하였다. 흐름에 의해 감세공 모형에 작용하는 힘이 1 N으로 측정되었다면 이에 대응되는 감세공 원형에서의 힘[kN]은?

① 0.1

② 10

③ 100

④ 1,000

정답 4번

간단한 해설

여수로와 감세공의 흐름에는 **Froude 상사법칙**을 적용하며, 밀도가 같으면 힘의 비는 **길이비의 세제곱**이다. 원형의 길이가 모형의 100배이므로 모형에서 측정한 1 N은 원형에서 1,000 kN에 해당한다.

계산 과정

상사 조건: 여수로와 감세공은 중력과 관성력이 지배적인 자유수면 흐름이므로 **Froude 수를 같게** 하는 상사법칙을 적용한다. 원형과 모형의 물의 밀도 및 중력가속도가 같은 조건으로 해석한다. 아래에서 첨자 p는 원형, m은 모형이며, L은 대표 길이, V는 유속, F는 힘이다.

길이비와 유속비: 축척 1/100은 모형 길이가 원형 길이의 1/100이라는 뜻이므로 $\frac{L_p}{L_m} = 100$이다. Froude 수는 $Fr = \frac{V}{\sqrt{gL}}$이며, g는 중력가속도이다. 두 흐름의 Froude 수가 같으므로 $\left(\frac{V_p}{V_m}\right)^2 = \frac{L_p}{L_m} = 100$이다.

힘의 축척: 관성력의 크기는 $F \propto \rho V^2 L^2$로 나타내며, ρ는 물의 밀도이다. 밀도가 같을 때 유속 제곱의 비는 길이비와 같고 면적비는 길이비의 제곱이므로, **힘의 비는 길이비의 세제곱**이 된다. 따라서 $\frac{F_p}{F_m} = \left(\frac{L_p}{L_m}\right)^3 = 100^3$이다. 이는 원형에 작용하는 힘이 모형에서 측정한 힘의 1,000,000배라는 뜻이다.

원형의 힘과 단위 환산: 모형에서 측정한 힘은 1 N이므로 $F_p = 1 \cdot 100^3$N이다. 이를 계산하면 1,000,000 N이며, **1 kN = 1,000 N**이므로 1,000 kN이다. 이는 ④의 1,000에 해당한다.

NoteBase

문 20. 비피압대수층에 우물이 불투수 암반층까지 굴착되어 있다. 장시간 양수한 후 우물로부터 100 m와 270 m 거리에서 측정한 수위가 각각 20 m, 30 m일 때, 양수량[m^3/s]은? (단, 투수계수는 1.0×10^{-4} m/s이고, 원주율(π)은 3, 자연상수(e)는 2.7로 계산한다)

① 0.05

② 0.15

③ 0.25

④ 0.35

정답 2번

간단한 해설

비피압대수층의 정상 방사류에서는 두 관측점의 **수위 제곱차**로 양수량을 구한다. 거리비가 자연상수와 같아 로그항이 1이 되므로 양수량은 **0.15 m^3/s**이다.

계산 과정

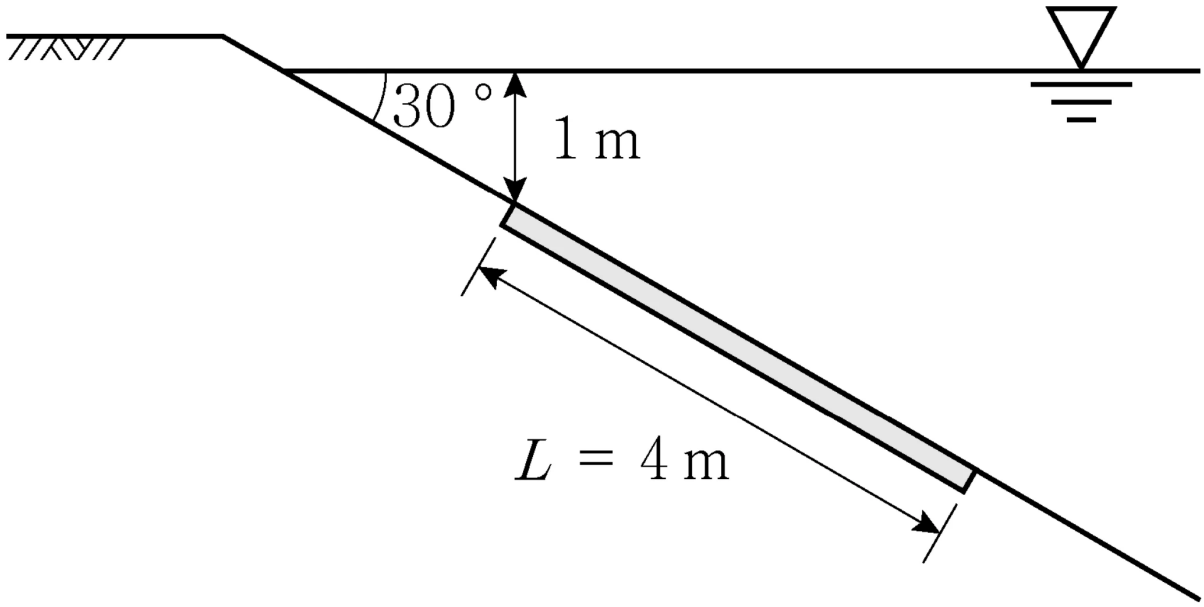
적용 조건과 공식: 불투수 암반층까지 굴착된 우물이므로 완전관통 우물로 보고, 장시간 양수 후의 흐름을 정상 방사류로 취급한다. 균질한 대수층에서 흐름이 주로 수평이라는 Dupuit 가정을 적용하면, 양수량은 $Q=\frac{\pi K(h_2^2-h_1^2)}{\ln(r_2/r_1)}$이다. 여기서 K는 투수계수, r은 우물로부터의 거리, h는 불투수층 바닥을 기준으로 한 수위로서 포화두께를 나타낸다. 비피압대수층은 수위에 따라 물이 통과하는 두께가 달라지므로 **단순한 수위차가 아니라 수위 제곱차**가 식에 들어간다.

관측값 대입: 가까운 관측점을 1, 먼 관측점을 2로 두면 $r_1=100\text{m}$, $r_2=270\text{m}$, $h_1=20\text{m}$, $h_2=30\text{m}$이다. 투수계수는 $K=1.0\times10^{-4}\text{m/s}$이다. 거리비는 $\frac{r_2}{r_1}=\frac{270}{100}=2.7$이고, 문제에서 e를 2.7로 계산하므로 $\ln(r_2/r_1)=\ln e=1$이다. 수위 제곱차는 $h_2^2-h_1^2=30^2-20^2=500\text{m}^2$이다.

양수량 계산: 주어진 π = 3을 적용하면 $Q=\frac{3\cdot(1.0\times10^{-4})\cdot500}{1}=0.15\ m^3/s$이다. 투수계수의 단위 m/s에 수위 제곱차의 단위 m^2가 곱해져 양수량의 단위 m^3/s가 된다. 계산값 0.15 m^3/s는 ②에 해당한다.

NoteBase

문 22. 폭 2 m, 길이(L) 4 m인 직사각형 수문이 수평면과 30°의 각도로 설치되어 있다. 수문의 상단이 수심 1 m에 위치할 때, 정수압에 의해 수문에 작용하는 힘의 크기[kN]와 작용점의 수심[m]은? (단, 물의 단위중량은 10 kN/m^{3}이다)



① 힘의 크기: 160, 작용점의 수심: $\frac{13}{6}$

② 힘의 크기: 160, 작용점의 수심: $\frac{7}{3}$

③ 힘의 크기: 320, 작용점의 수심: $\frac{13}{6}$

④ 힘의 크기: 320, 작용점의 수심: $\frac{7}{3}$

정답 1번

간단한 해설

정수압의 합력은 **도심 수심에서의 수압에 수문 면적을 곱하여** 구하므로 160 kN이다. 수압은 깊을수록 커지므로 작용점은 도심보다 아래에 있으며, 경사각을 반영한 작용점의 수심은 $\frac{13}{6}$ m이다.

NoteBase

계산 과정

1. 면적과 도심 수심: 그림에서 4 m는 경사진 수문을 따라 잰 길이이고, 상단의 수심 1 m는 수면에서 수직으로 잰 거리이다. 폭을 b, 길이를 L, 수평면과의 각도를 θ라 하면 수문 면적은 $A = 2 \times 4 = 8\ \mathrm{m}^2$이다. 직사각형의 도심은 길이의 중간에 있으므로 도심 수심은 $h_G = 1 + \frac{L}{2}\sin\theta$이다. 따라서 $h_G = 1 + 2\sin 30^\circ = 2\mathrm{m}$이다.

2. 힘의 크기: 정지한 물의 수압은 $p = \gamma h$로 수심 h에 비례한다. 여기서 γ는 물의 단위중량으로 $10\ \mathrm{kN/m}^3$이다. 평면 수문에서는 평균 수압이 도심 수심에서의 수압과 같으므로 합력은 $F = \gamma h_G A$이다. 따라서 $F = 10 \times 2 \times 8 = 160\ \mathrm{kN}$이며 수문면에 수직으로 작용한다. 이때 면적은 **수문의 실제 면적**을 사용한다.

3. 도심축에 대한 단면 2차 모멘트: 수압의 작용점은 수압분포의 모멘트를 이용해 구한다. 수문면 안에서 도심을 지나고 수면과 평행한 축에 대한 면적의 단면 2차 모멘트를 I_G라 하면, 직사각형에서는 $I_G = \frac{bL^3}{12}$이다. 따라서 $I_G = \frac{2 \cdot 4^3}{12} = \frac{32}{3}\mathrm{m}^4$이다. 세제곱하는 치수는 **경사 방향의 길이 L**이다.

4. 작용점의 수심: 아래쪽일수록 수압이 크므로 합력의 작용점은 도심보다 깊다. 작용점의 수직 수심을 h_P라 하면, 수압분포의 모멘트로부터 $h_P = h_G + \frac{I_G \sin^2\theta}{h_G A}$이다. 경사면을 따라 잰 거리와 수직 수심을 구분해야 하므로 경사각이 반영된다. 도심보다 더 깊어지는 양은 $\Delta h = \frac{(32/3) \cdot (1/2)^2}{2 \cdot 8} = \frac{1}{6}\mathrm{m}$이다. 따라서 $h_P = 2 + \frac{1}{6} = \frac{13}{6}\mathrm{m}$이다.

힘의 크기 160 kN과 작용점의 수심 $\frac{13}{6}$ m를 함께 제시한 것은 ①이다.

NoteBase

문 23. 완경사와 급경사 수로에 형성되는 점변류 수면곡선에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① S1 수면곡선은 상류 흐름으로 수심이 증가함에 따라 수면은 수평을 이루게 된다.

② S3 수면곡선의 하류단은 등류수심선에 점근한다.

③ M2 수면곡선의 상류단은 한계수심선에 직교하며 하류단은 등류수심선에 점근한다.

④ M3 수면곡선은 수문 하류에서 사류가 발생하는 수로에서 나타나며 수로의 길이가 충분히 길면 도수현상이 발생한다.

정답 3번

간단한 해설

③은 M2 수면곡선의 상류단과 하류단 특성을 서로 바꾸었다. M2는 **상류단에서 등류수심선에 점근**하고, **하류단에서 한계수심선에 직교하는 형태로 접근**한다.

선지별 해설

① O: S1은 급경사 수로에서 실제 수심이 한계수심보다 크고, 한계수심은 등류수심보다 큰 구간의 수면곡선이다. 수심이 한계수심보다 크므로 **상류(常流), 즉 느린 흐름**에 해당한다. 하류로 갈수록 수심이 증가하면서 유속이 작아지고, 깊은 구간에서는 수면이 수평에 가까워진다.

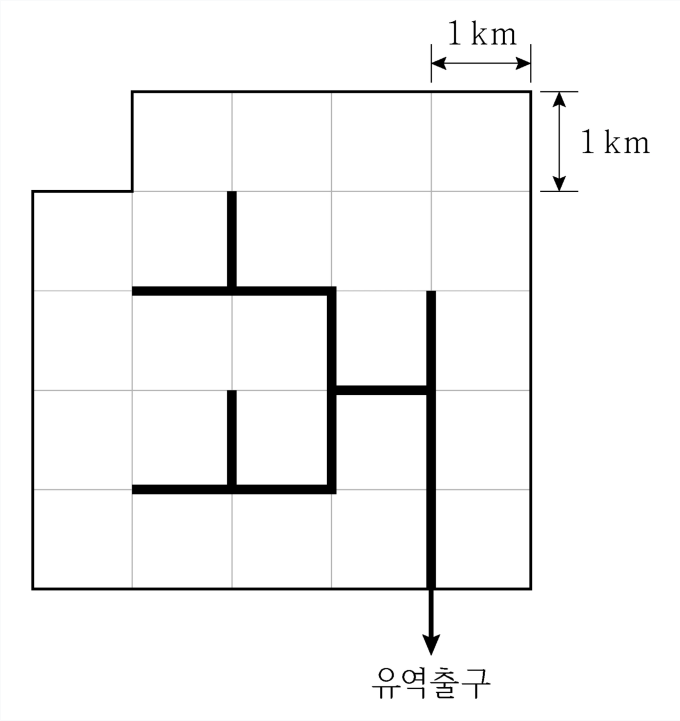
② O: S3은 급경사 수로에서 실제 수심이 등류수심보다 작고, 등류수심도 한계수심보다 작은 구간에 형성된다. 하류로 갈수록 수심이 증가하여 등류수심에 가까워진다. 등류수심에 접근할수록 수심의 변화율이 0에 가까워지므로 **하류단은 등류수심선에 점근**한다.

③ X: M2는 완경사 수로에서 등류수심보다 작고 한계수심보다 큰 수심을 갖는 상류 흐름이다. 하류로 갈수록 수심이 감소하므로 **상류단은 등류수심선에 점근하고, 하류단은 한계수심선에 직교하는 형태로 접근**한다. 선지는 두 끝의 특성을 뒤바꾸었다. 한계수심 부근에서 곡선이 매우 가팔라지는 것은 점변류식의 이론적 특성이며, 실제 흐름은 그 부근에서 점변류 가정에서 벗어난다.

④ O: M3은 완경사 수로에서 실제 수심이 한계수심보다 작고, 한계수심은 등류수심보다 작은 구간의 사류이다. 수문을 통과한 얕고 빠른 흐름에서 나타나며, 하류로 갈수록 수심이 증가한다. 충분히 긴 수로에서 하류의 상류 흐름으로 연결될 때에는 **도수를 통해 수심이 급격히 증가**한다. 도수는 사류가 상류로 바뀌면서 에너지를 소모하는 현상으로, 하류 수위가 이러한 전환을 유지하는 조건을 전제로 한다.

NoteBase

문 24. 하천 네트워크가 다음과 같을 때, Strahler의 하천차수법칙을 이용하여 산정한 하천차수와 하천밀도[km^{-1}]는?



① 하천차수: 3, 하천밀도: $\frac{1}{2}$

② 하천차수: 3, 하천밀도: $\frac{4}{3}$

③ 하천차수: 4, 하천밀도: $\frac{1}{2}$

④ 하천차수: 4, 하천밀도: $\frac{4}{3}$

정답 1번

간단한 해설

같은 차수끼리 합류할 때만 차수가 하나 증가하므로 출구의 **하천차수는 3**이다. 하천밀도는 **유역 내 총하천길이를 유역면적으로 나눈 값**으로, $\frac{12}{24} = \frac{1}{2}km^{-1}$이다.

NoteBase

계산 과정

하천차수: 지류가 없는 최상류 하천을 1차 하천으로 정하고, **같은 차수의 두 하천이 합류하면 차수를 1만큼 높인다**. 서로 다른 차수가 합류하면 큰 차수를 유지한다. 그림의 왼쪽 위와 왼쪽 아래에서는 각각 두 1차 하천이 합류하여 2차 하천이 된다. 이 두 2차 하천이 중앙에서 합류하므로 이후는 3차 하천이다. 여기에 오른쪽 위에서 내려오는 1차 하천이 합류해도 차수가 증가하지 않으므로, 유역출구의 하천차수는 3이다.

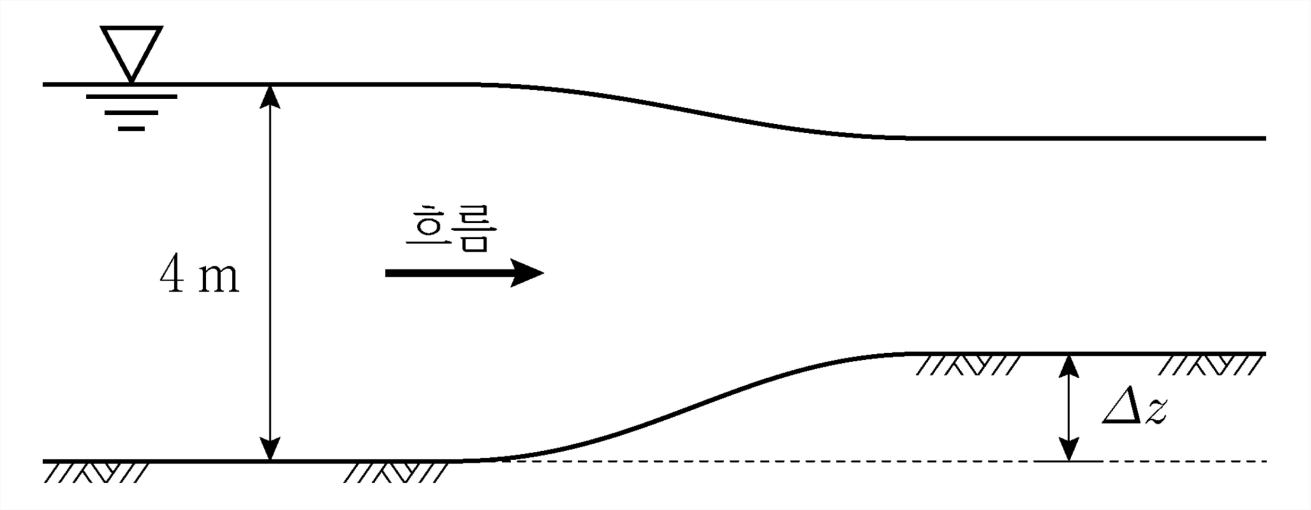
유역면적: 격자 한 칸은 가로와 세로가 각각 1 km이므로 면적이 1 km^2이다. 유역은 가로 5칸, 세로 5칸인 정사각형에서 왼쪽 위 한 칸이 빠진 형태이므로, 유역면적 A는 $5 \times 5 - 1 = 24$ km^2이다.

총하천길이: 굵은 하천선 중 수평 구간은 위쪽 2 km, 아래쪽 2 km, 중앙 연결부 1 km로 합계 5 km이다. 수직 구간은 왼쪽의 두 짧은 지류가 각각 1 km, 중앙이 2 km, 오른쪽이 3 km로 합계 7 km이다. 따라서 유역 내 총하천길이 L은 5 + 7 = 12 km이다. **유역경계 밖의 출구 화살표는 하천길이에 포함하지 않는다**.

하천밀도: 단위 유역면적당 하천길이이므로 $D = \frac{L}{A}$를 적용한다. 따라서 $D = \frac{12\text{km}}{24\text{km}^2} = \frac{1}{2}\text{km}^{-1}$이다. 하천차수 3과 하천밀도 $\frac{1}{2}\text{km}^{-1}$의 조합은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 25. 수로 바닥이 점차적으로 Δz만큼 높아지는 직사각형 단면 개수로에서 상류 수심은 4 m, 단위폭당유량은 $4\sqrt{5}$ $m^3/s/m$로 물이 흐르고 있다. 상류 수위에 영향을 주지 않는 Δz의 최댓값[m]은? (단, 에너지손실은 무시하고, 에너지보정계수는 1.0, 중력가속도는 10 m/s^2이다)



① 1.15

② 1.25

③ 1.35

④ 1.45

정답 2번

간단한 해설

상류 수위를 유지할 수 있는 한계는 높아진 수로 바닥 위에서 **한계류가 되어 비에너지가 최소**가 되는 때이다. 상류 비에너지 4.25 m와 최소 비에너지 3 m의 차이인 1.25 m까지 바닥을 높일 수 있다.

NoteBase

계산 과정

에너지 관계: 수심을 y, 단위폭당유량을 q, 평균유속을 V라 하면 직사각형 수로에서 $V = q/y$이다. 에너지보정계수가 1.0이므로 수로 바닥을 기준으로 한 비에너지는 $E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$이다. 그림처럼 바닥이 Δz만큼 높아져도 에너지손실이 없으면 전체 에너지수두는 보존되므로, 상류와 높아진 구간의 비에너지는 $E_1 = \Delta z + E_2$의 관계를 갖는다.

상류 비에너지: 상류 수심은 $y_1 = 4$ m이고 단위폭당유량은 $q = 4\sqrt{5}$ $\mathrm{m^3/s/m}$이므로, 상류 유속은 $V_1 = \frac{4\sqrt{5}}{4} = \sqrt{5}$ m/s이다. 따라서 $E_1 = 4 + \frac{5}{2 \cdot 10} = 4.25$ m이다. 이 값은 상류 바닥 위의 수심과 속도수두를 합한 것이다.

최소 비에너지: 같은 유량에서 비에너지는 **한계수심에서 최소**가 된다. 직사각형 수로의 한계수심은 $y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$이므로, $y_c = \sqrt[3]{\frac{80}{10}} = 2$ m이다. 한계류의 속도수두는 한계수심의 절반이므로 최소 비에너지는 $E_c = \frac{3}{2}y_c = 3$ m이다. 상류 수심 4 m는 한계수심 2 m보다 크므로 상류는 상류(常流)이며, 바닥이 높아질수록 수심이 줄어 한계수심에 도달한다.

바닥 상승량의 한계: 상류 수위와 유량이 유지되려면 높아진 구간의 비에너지가 **최소 비에너지 이상**이어야 한다. 따라서 $\Delta z_{\max} = E_1 - E_c$이고, 그 값은 4.25 − 3 = 1.25 m로 ②의 값과 일치한다. 이보다 더 높이면 주어진 상류 에너지로는 유량을 통과시킬 수 없어 상류 수위가 상승한다.

NoteBase