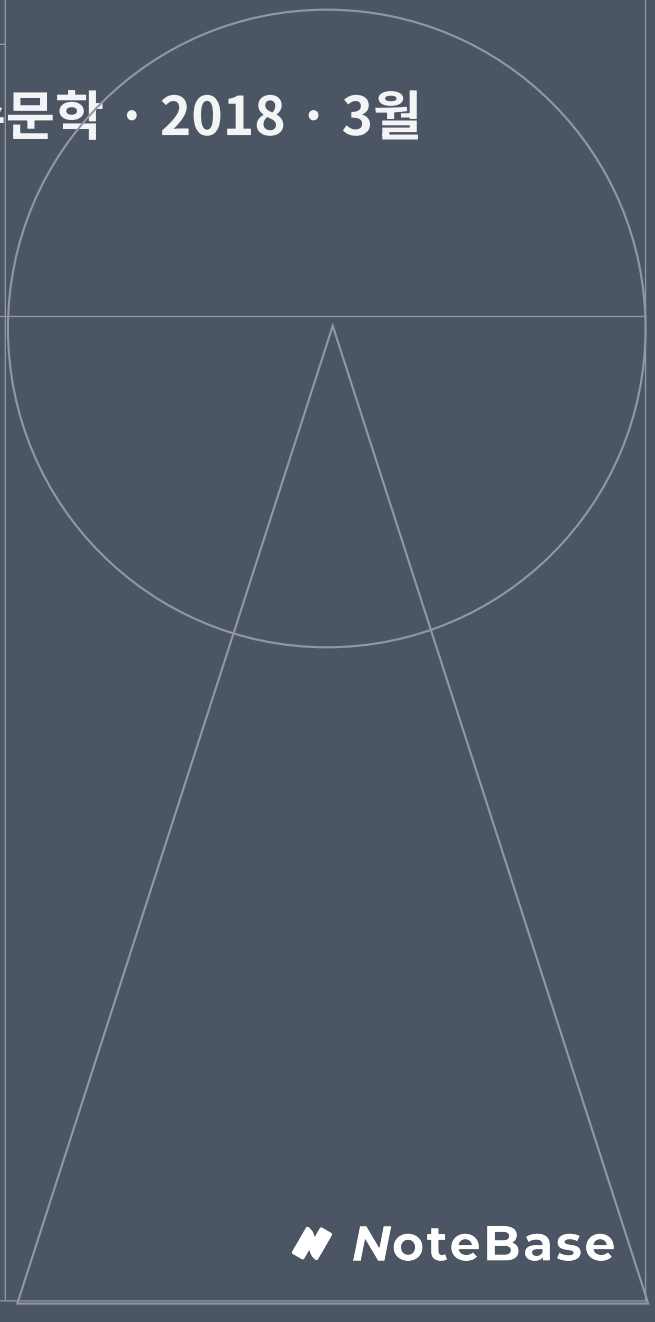
# 기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2018 · 3월



NoteBase

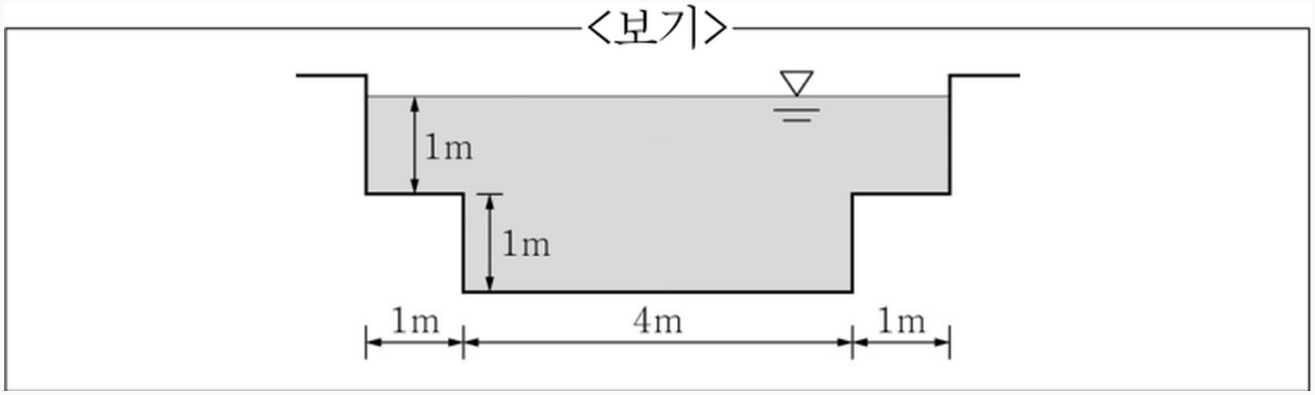
# 기출OX 해설집

## 공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2018 · 3월

**공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2018 · 3월**

**문 1. <보기>와 같이 저수로에서 2m, 고수부지에서 1m의 수심을 유지하며 흐르는 좌우대칭의 복단면 수로가 있다. Chezy의 유속계수 $C = 50\mathrm{m}^{1/2}/\mathrm{s}$라고 할 때, Manning의 조도계수는?**

<보기>




① $0.010\ \mathrm{s/m}^{1/3}$

② $0.015\ \mathrm{s/m}^{1/3}$

③ $0.020\ \mathrm{s/m}^{1/3}$

④ $0.025\ \mathrm{s/m}^{1/3}$

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 복단면 수로의 단면적으로 수리반지름을 구한 뒤 Chezy 계수와 Manning 조도계수의 관계식을 적용하는 문제이다.

NoteBase

**조건 정리**

주어진 값:
- Chezy의 유속계수 $C = 50 m^{1/2}/s$이다.
- 저수로 수심은 2m, 고수부지 수심은 1m이다.
- 저수로 바닥폭은 4m, 좌우 고수부지 폭은 각각 1m이다.

구해야 할 값:
- Manning의 조도계수 $n$이다.

주의할 조건:
- 복단면 전체 유수단면적으로 면적 $A$와 윤변 $P$를 계산해야 한다.

**사용할 공식**

사용 공식은 다음과 같다.
$V = C\sqrt{RS}, \qquad V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$
두 식을 같게 두면
$C = \frac{1}{n} R^{1/6}, \qquad n = \frac{R^{1/6}}{C}$
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 Chezy의 유속계수 $C$가 주어졌고, 구하려는 값이 Manning의 조도계수 $n$이기 때문이다.

**계산 과정**

1. 유수단면적은 위쪽 직사각형 $6 \times 1 = 6 m^2$, 아래쪽 직사각형 $4 \times 1 = 4 m^2$이므로
$A = 6 + 4 = 10 m^2$
이다.
2. 윤변은 바닥 4m, 내부 수직면 2개가 각각 1m, 고수부지 바닥 2개가 각각 1m, 외측 수직면 2개가 각각 1m이므로
$P = 4 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 10 m$
이다.
3. 수리반지름은
$R = \frac{A}{P} = \frac{10}{10} = 1 m$
이다.
4. 따라서
$n = \frac{R^{1/6}}{C} = \frac{1^{1/6}}{50} = \frac{1}{50} = 0.020 s/m^{1/3}$
이므로 정답은 3번이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X
- 계산 결과 Manning의 조도계수는 $0.020 s/m^{1/3}$이다. 따라서 'Manning의 조도계수가 $0.010 s/m^{1/3}$이다'라는 표현이 틀렸고, 올바르게는 'Manning의 조도계수는 $0.020 s/m^{1/3}$이다'이다.
- 이 값은 $n = 1/C$ 관계를 잘못 두 번 적용하거나 $C$를 과대평가한 경우의 오답이다.

② X
- 계산 결과와 일치하지 않으므로 틀리다. 틀린 표현은 'Manning의 조도계수가 $0.015 s/m^{1/3}$이다'이고, 올바르게는 'Manning의 조도계수는 $0.020 s/m^{1/3}$이다'이다.
- 이 값은 단면적과 윤변을 정확히 계산하지 않고 중간값으로 추정한 경우의 오답이다.

③ O
- 복단면에서 $A = 10 m^2$, $P = 10 m$, $R = 1 m$이므로 $n = R^{1/6}/C = 1/50 = 0.020 s/m^{1/3}$이 된다. 따라서 ③이 옳다.

④ X
- 계산 결과보다 큰 값이므로 틀리다. 틀린 표현은 'Manning의 조도계수가 $0.025 s/m^{1/3}$이다'이고, 올바르게는 'Manning의 조도계수는 $0.020 s/m^{1/3}$이다'이다.
- 이 값은 윤변 또는 단면적을 잘못 세어 $R \neq 1$로 계산했을 때 나오는 오답이다.

### 오답 포인트

복단면이라고 해서 저수로 부분만 면적과 윤변에 넣으면 $R$을 잘못 구하게 된다. 이 문제의 함정은 고수부지 수심 1m가 실제 유수단면에 포함된다는 점과, Chezy-Manning 관계식에서 $R^{1/6}$을 빼먹기 쉽다는 점이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

복단면 계산형은 먼저 층별로 단면적 $A$를 나누어 더하고, 물에 닿는 경계만 윤변 $P$로 센 뒤 $R = A/P$를 구한다. 그다음 주어진 계수 형태에 맞추어 $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$ 관계를 적용하면 된다.

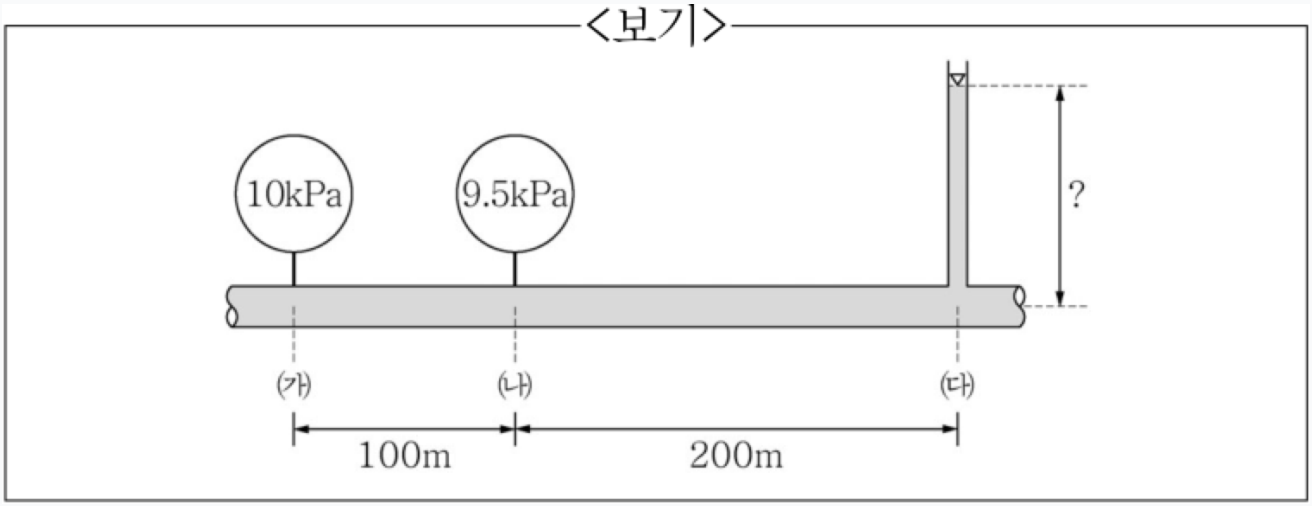
### 암기 포인트

Chezy와 Manning의 연결식은 $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$이고, $R = 1$이면 $n = 1/C$로 바로 정리된다.

NoteBase

**문 2. <보기>와 같이 단면이 일정한 관수로에 물이 가득 차 일정한 유량으로 흐르고 있다. (가)지점과 (나)지점에서 압력계로 측정한 압력이 10 kPa, 9.5 kPa이었을 때 (다)지점에 설치된 피에조관의 수위는? (단, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$이다.)**

<보기>




① 0.85m

② 0.90m

③ 0.95m

④ 1.00m

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 단면이 일정한 수평 관수로에서 압력수두 감소량을 선형 수두손실로 보고 피에조관 수위를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: (가) 지점 압력은 10 kPa, (나) 지점 압력은 9.5 kPa, (가)와 (나) 사이는 100m, (나)와 (다) 사이는 200m이다.
구해야 할 값: (다) 지점 피에조관의 수위이다.
주의할 조건: 관의 단면이 일정하고 수평이므로 속도수두와 위치수두 변화는 없고, 압력수두 감소가 그대로 손실수두가 된다.

NoteBase

### 사용할 공식

압력수두는 $\frac{p}{\gamma}$ 이다.
수평이고 단면이 일정한 관에서는 $\frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} = h_L$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 같은 관경의 수평 관수로에서는 $z$와 $\frac{v^2}{2g}$가 같으므로 두 지점의 압력수두 차이가 그 구간의 손실수두가 되기 때문이다.

### 계산 과정

1. (가) 지점 압력수두는 $\frac{10kPa}{10kN/m^3} = 1.00m$ 이다.
2. (나) 지점 압력수두는 $\frac{9.5kPa}{10kN/m^3} = 0.95m$ 이다.
3. 따라서 100m 구간의 손실수두는 $1.00 - 0.95 = 0.05m$ 이고, 손실수두경사는 $\frac{0.05}{100} = 0.0005$ 이다.
4. (나)에서 (다)까지 200m이므로 추가 손실수두는 $0.0005 \times 200 = 0.10m$ 이다.
5. (다) 지점 압력수두는 $0.95 - 0.10 = 0.85m$ 이다.
6. 피에조관 수위는 연결 지점의 압력수두와 같으므로 수위는 0.85m이다.

### 선지 판단

① O: 계산 결과 (다) 지점의 피에조관 수위는 0.85m이므로 옳다.
② X: 0.90m는 (나)에서 (다)까지 200m 구간의 손실수두를 0.05m로 잘못 본 값이다. 올바르게는 200m 구간에서 0.10m가 더 줄어들어 0.85m가 된다.
③ X: 0.95m는 (나) 지점의 압력수두를 그대로 적은 값으로, (나)에서 (다)까지의 추가 손실수두를 반영하지 못했다. 올바르게는 0.85m이다.
④ X: 1.00m는 (가) 지점 압력수두를 그대로 사용하거나 관내 손실을 무시한 값이다. 올바르게는 구간 손실을 반영한 0.85m이다.

### 오답 포인트

압력계 값 자체를 바로 답으로 보거나, 100m 구간의 손실수두 0.05m를 200m 구간에도 그대로 적용하면 틀린다. 이 문제의 함정은 압력수두 차이를 거리비에 따라 선형으로 연장해야 한다는 점이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

수평이고 단면이 일정한 관 문제는 먼저 압력을 압력수두로 바꾸고, 두 지점의 압력수두 차이로 손실수두경사를 구한 뒤, 남은 거리만큼 손실을 연장해 목표 지점의 수두를 계산한다.

### 암기 포인트

수평 동일관경 관수로에서는 압력수두 감소량이 곧 손실수두이며, 피에조관 수위는 그 지점의 압력수두이다.

NoteBase

**문 3. 정수장의 정수지로부터 표고 40m 아래에 위치한 내경 600mm 원형 주철관의 최소 두께는? (단, 주철관의 허용인장응력 $\sigma_{ta} = 120kg/cm^2$이다.)**

① 0.5cm

② 1.0cm

③ 1.5cm

④ 2.0cm

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 관내 수압에 의한 원주응력 식을 이용해 주철관의 최소 두께를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값은 수두 40m, 내경 600mm, 허용인장응력 $120kg/cm^2$이다.
구해야 할 값은 원형 주철관의 최소 두께이다.
내경 600mm는 $60cm$로 바꾸고, 물의 수두 10m는 약 $1kg/cm^2$이므로 40m는 $4kg/cm^2$이다.

### 사용할 공식

얇은 원통형 관의 원주응력 관계식은 $\sigma_t = \frac{pD}{2t}$ 이다.
따라서 두께는 $t = \frac{pD}{2\sigma_t}$ 로 구한다.
이 문제는 내압을 받는 원형 관의 허용인장응력을 주었으므로 원주응력 식을 적용하는 상황이다.

### 계산 과정

수압은 $p = 4kg/cm^2$, 관의 내경은 $D = 60cm$ 이다.
$t = \frac{pD}{2\sigma_{ta}} = \frac{4 \times 60}{2 \times 120} = \frac{240}{240} = 1cm$
따라서 최소 두께는 $1.0cm$ 이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X

$t = 0.5cm$ 를 대입하면 $\sigma_t = \frac{4 \times 60}{2 \times 0.5} = 240 kg/cm^2$ 가 되어 허용인장응력 $120 kg/cm^2$ 를 초과한다. 최소 두께가 될 수 없고, 올바르게는 $1.0cm$ 이다.

② O

$t = \frac{4 \times 60}{2 \times 120} = 1.0cm$ 이므로 허용응력에 정확히 맞는 최소 두께이다.

③ X

$t = 1.5cm$ 이면 $\sigma_t = \frac{4 \times 60}{2 \times 1.5} = 80 kg/cm^2$ 로 허용응력 이내이기는 하나, 문제는 최소 두께를 묻고 있으므로 필요 이상으로 두껍다. 올바르게는 $1.0cm$ 이다.

④ X

$t = 2.0cm$ 이면 $\sigma_t = \frac{4 \times 60}{2 \times 2.0} = 60 kg/cm^2$ 로 역시 허용응력 이내이지만 최소값은 아니다. 올바르게는 $1.0cm$ 이다.

### 오답 포인트

수두 40m를 압력으로 바꾸지 않거나, 내경 600mm를 그대로 대입하면 계산이 틀어진다. 또 1.5cm와 2.0cm는 안전할 수는 있어도 문제의 요구가 최소 두께라는 점을 놓치면 오답이 된다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

관 두께 계산 문제는 수두를 압력으로 환산한 뒤 지름 단위를 맞추고, $t = \frac{pD}{2\sigma}$ 로 최소 두께를 계산한 다음 더 작은 값은 허용응력을 넘는지, 더 큰 값은 최소조건을 벗어나는지로 판단한다.

### 암기 포인트

원형 관 최소 두께는 원주응력식 $t = \frac{pD}{2\sigma}$ 이고, 물 10m 수두는 약 $1 kg/cm^2$ 이다.

NoteBase

**문 4. “층류상태로 흐르는 흐름은 ( )보다 ( )이 흐름의 거동을 지배하고, 이때 전단응력은 ( )에 비례한다.”라는 문장에서 ( ) 안에 들어갈 단어를 순서대로 나열한 것은?**

① 관성력 - 점성력 - 속도경사

② 관성력 - 중력 - 속도경사

③ 점성력 - 중력 - 마찰경사

④ 점성력 - 관성력 - 마찰경사

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 층류에서 점성력이 관성력보다 우세하다는 점과 전단응력이 속도경사에 비례한다는 점을 묻는다.

**핵심 개념**

층류는 유체 입자가 층을 이루어 비교적 규칙적으로 흐르는 상태로, 흐름의 거동을 점성력이 크게 지배하는 흐름이다.
난류는 와류와 혼합이 커서 관성력의 영향이 상대적으로 큰 흐름이다.
뉴턴유체의 전단응력은 $\tau = \mu \frac{du}{dy}$로 나타내며 속도경사 $\frac{du}{dy}$에 비례한다.

**선지별 해설**

1번 O: 층류에서는 관성력보다 점성력이 흐름의 거동을 더 크게 지배한다. 또한 뉴턴 점성법칙에 따라 전단응력은 속도경사에 비례하므로 옳다.
2번 X: 틀린 표현은 "중력"이다. 층류를 구분하는 힘의 비교축은 관성력과 점성력이지 관성력과 중력이 아니다. 올바르게는 "관성력보다 점성력이 흐름의 거동을 지배하고, 전단응력은 속도경사에 비례한다"이다.
3번 X: 틀린 표현은 "점성력보다 중력이"와 "마찰경사"이다. 층류에서는 중력이 아니라 점성력이 우세하며, 전단응력도 마찰경사가 아니라 속도경사에 비례한다. 올바르게는 "관성력보다 점성력이 흐름의 거동을 지배하고, 전단응력은 속도경사에 비례한다"이다.
4번 X: 틀린 표현은 "점성력보다 관성력이"와 "마찰경사"이다. 층류는 관성력이 아니라 점성력이 지배하는 흐름이며, 전단응력의 직접 비례 대상도 마찰경사가 아니라 속도경사이다. 올바르게는 "관성력보다 점성력이 흐름의 거동을 지배하고, 전단응력은 속도경사에 비례한다"이다.

**오답 포인트**

2번의 "중력"과 3번, 4번의 "마찰경사"는 개수로 등류나 저항공식의 문맥을 층류 개념에 섞어 놓은 함정이다. 이 문항은 층류의 힘의 우세와 뉴턴 점성법칙을 묻는 문제이므로 중력이나 마찰경사에 끌리면 틀리게 된다.

NoteBase

**다시 나오면 이렇게 판단**

문장에 층류가 보이면 먼저 점성력 우세 여부를 확인하고, 전단응력 관계는 속도경사와 연결한다. 중력, 마찰경사, 관성력 우세가 나오면 다른 흐름 개념을 섞은 선택지일 가능성이 크다.

**암기 포인트**

층류는 점성이 지배하고, 전단응력은 속도경사에 비례한다.

NoteBase

**문 5. 자연하천의 수위-유량곡선에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?**

① 수위-유량곡선은 지배단면이 변하거나 하천횡단면이 불규칙하면 변동성을 보인다.

② 수위-유량곡선이 고리(loop)형을 이루는 것은 배수 및 저하효과뿐만 아니라 하도의 자연적·인위적 변화가 있기 때문이다.

③ 수위-유량곡선을 연장하는 방법에는 전대수지법, Stevens 방법, 경사-면적방법 등이 있다.

④ 수위-유량곡선은 고리(loop)형 관계를 갖지만, 동일 수위에서 상승 시와 하강 시에 유량이 같다.

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 자연하천의 수위-유량곡선과 고리(loop)형 관계의 의미를 정확히 구별할 수 있는지를 묻는다.

**핵심 개념**

수위-유량곡선은 특정 하천 단면에서 수위와 유량의 대응관계를 나타내는 곡선이다.
고리(loop)형 수위-유량곡선은 비정상류, 배수영향, 하도 변화 등으로 같은 수위에서도 상승기와 하강기의 유량이 서로 달라지는 관계이다.

**선지별 해설**

① O. 지배단면이 변하거나 하천횡단면이 불규칙하면 수위와 유량의 대응이 일정하지 않아 수위-유량곡선이 변동성을 보일 수 있다.
② O. 수위-유량곡선이 고리형을 이루는 원인은 배수 및 저하효과뿐 아니라 홍수파 진행에 따른 비정상류와 하도의 자연적·인위적 변화도 포함된다.
③ O. 관측 범위를 넘는 구간의 수위-유량곡선을 연장할 때 전대수지법, Stevens 방법, 경사-면적법 등이 활용된다.
④ X. 틀린 부분은 '동일 수위에서 상승 시와 하강 시에 유량이 같다'이다. 고리형 관계에서는 같은 수위라도 상승기와 하강기의 유량이 서로 다르다. 올바르게는 '수위-유량곡선은 고리(loop)형 관계를 가지며, 동일 수위에서도 상승 시와 하강 시의 유량이 다를 수 있다'이다.

**오답 포인트**

고리(loop)형이라는 표현만 보고 곡선의 모양만 떠올리면 4번을 지나치기 쉽다. 이 문항의 핵심은 모양이 아니라 같은 수위에서 유량이 하나로 정해지지 않는다는 점이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

수위-유량곡선에서 '고리형'이 보이면 먼저 같은 수위에서 상승기 유량과 하강기 유량이 같지 않다는 점을 확인하면 된다. 같은 수위에 하나의 유량만 대응한다고 쓰면 틀린 선지일 가능성이 크다.

NoteBase

**암기 포인트**

고리형 수위-유량곡선은 '같은 수위, 다른 유량'으로 정리된다.

NoteBase

**문 6. 간격 1mm인 고정평판과 이동평판 사이에 윤활유를 채우고 넓이 $2\text{m}^2$인 이동평판의 속도를 0.3m/s로 유지하는 데 18 N의 힘이 필요하였다. 이동평판 주변의 공기마찰은 무시할 때, 윤활유의 점성계수는?**

① 0.02 Pa·s

② 0.03 Pa·s

③ 0.06 Pa·s

④ 0.09 Pa·s

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 평판 사이의 층류 전단유동에서 전단응력 관계식으로 윤활유의 점성계수 $\mu$를 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 평판 간격 $h = 1\text{mm} = 0.001\text{m}$, 이동평판 넓이 $A = 2\text{m}^2$, 이동속도 $U = 0.3\text{m/s}$, 필요한 힘 $F = 18\text{N}$이다.
구해야 할 값: 윤활유의 점성계수 $\mu$이다.
주의할 조건: 간격 1mm를 0.001m로 바꾸어야 하고, 공기마찰은 무시하므로 힘은 전부 윤활유의 전단저항으로 본다.

### 사용할 공식

평행한 두 평판 사이의 선형 속도분포에서는
$\tau = \mu\frac{U}{h}, \quad F = \tau A$
이므로
$F = \mu A\frac{U}{h}$
이고,
$\mu = \frac{Fh}{AU}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 고정평판과 이동평판 사이의 윤활유가 쿠에트 유동처럼 전단만 받는 상황이기 때문이다.

### 계산 과정

1. 전단응력 관계식에서 점성계수를 정리하면 $\mu = \frac{Fh}{AU}$이다.
2. 수치를 대입하면 $\mu = \frac{18 \times 0.001}{2 \times 0.3}$이다.
3. 계산하면 $\mu = \frac{0.018}{0.6} = 0.03\text{Pa}\cdot\text{s}$이다.

NoteBase

**기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 수리수문학 · 2018 · 3월**

**선지 판단**

① X
- 계산 결과는 0.03Pa · s이므로 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "점성계수가 0.02Pa · s이다"이다. 올바르게는 "점성계수는 0.03Pa · s이다"이다.

② O
- 계산 결과가 정확히 0.03Pa · s이므로 옳다.
- 평판 사이 간격, 면적, 속도, 힘을 모두 반영한 값과 일치한다.

③ X
- 계산 결과보다 2배 큰 값이므로 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "점성계수가 0.06Pa · s이다"이다. 올바르게는 "점성계수는 0.03Pa · s이다"이다.
- 이런 값은 힘이나 간격을 중복 반영하거나 분모 $AU$를 잘못 줄였을 때 나오기 쉽다.

④ X
- 계산 결과보다 3배 큰 값이므로 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "점성계수가 0.09Pa · s이다"이다. 올바르게는 "점성계수는 0.03Pa · s이다"이다.
- 이런 값은 1mm를 0.003m처럼 잘못 다루거나 계산식을 거꾸로 쓰면 나올 수 있다.

**오답 포인트**

전단유동 문제에서 가장 흔한 실수는 간격 1mm의 단위 변환을 놓치거나, $F = \mu A \frac{U}{h}$에서 $h$가 분모에 있다는 점을 반대로 쓰는 것이다. 숫자 자체는 단순하지만 단위와 분모·분자 위치를 틀리면 보기 ③, ④ 같은 과대값으로 흐르기 쉽다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

평판 사이 점성 문제는 먼저 전단응력 관계식 $\tau = \mu \frac{U}{h}$를 떠올리고, 다음에 $F = \tau A$를 결합해 $\mu = \frac{Fh}{AU}$로 정리한 뒤, 마지막에 간격 단위를 검산하면 된다.

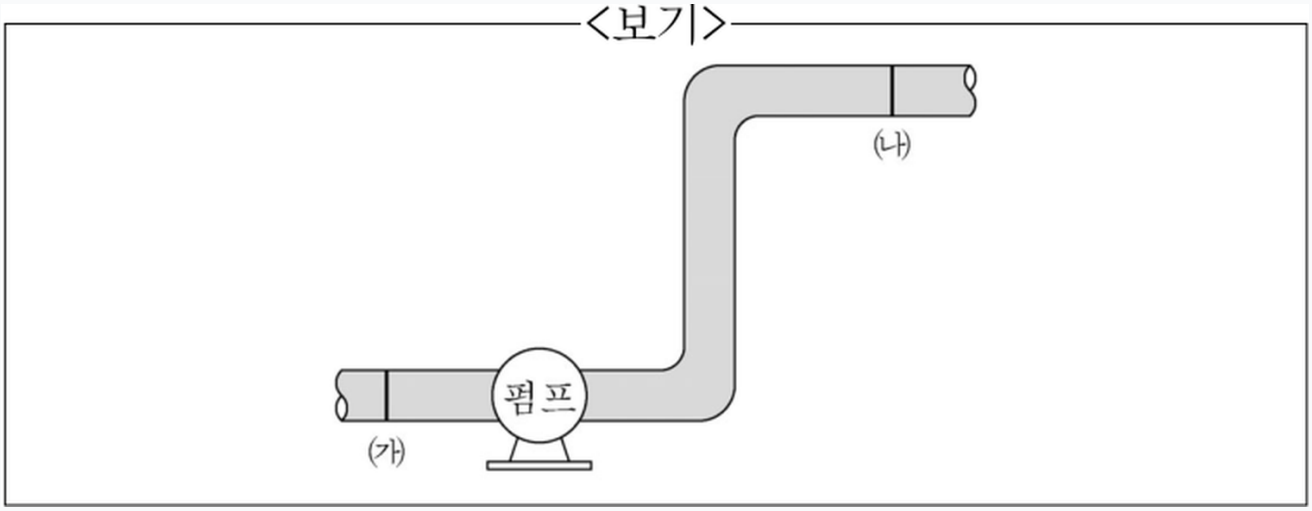
**암기 포인트**

평판 점성저항은 $F = \mu A \frac{U}{h}$이고, 간격이 작을수록 같은 속도에서 필요한 힘이 커진다.

NoteBase

**문 7. <보기>와 같이 입구에서 출구까지 단면적이 일정한 관로의 (가) 지점에서 (나) 지점으로 $1\text{m}^3/\text{s}$ 유량의 물을 보내고자 한다. (가) 지점의 표고와 압력은 각각 $z_1 = 30\text{m}$, $p_1 = 100{,}000\text{N/m}^2$이고, (나) 지점의 표고와 압력은 각각 $z_2 = 40\text{m}$, $p_2 = 300{,}000\text{N/m}^2$이다. 수송 중 손실되는 수두 $h_L = 5\text{m}$일 때 이러한 조건을 유지하기 위해 펌프에 공급되어야 하는 동력의 크기는? (단, 물의 단위중량은 $10\text{kN/m}^3$이다.)**

<보기>




① 0.20MW

② 0.25MW

③ 0.30MW

④ 0.35MW

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 펌프가 공급해야 하는 수두를 에너지 방정식으로 구한 뒤 $P = \gamma Q h_p$로 동력을 계산하는 문제이다.

NoteBase

### 조건 정리

주어진 값:
- 유량 $Q = 1m^3/s$
- $z_1 = 30m, z_2 = 40m$
- $p_1 = 100{,}000N/m^2, p_2 = 300{,}000N/m^2$
- 손실수두 $h_L = 5m$
- 물의 단위중량 $\gamma = 10kN/m^3 = 10{,}000N/m^3$

구해야 할 값:
- 펌프 동력

주의할 조건:
- 관로 단면적이 일정하므로 유속수두 차는 0이다.

### 사용할 공식

사용 공식은 다음과 같다.
$h_p = (z_2 - z_1) + \left(\frac{p_2}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma}\right) + h_L$
$P = \gamma Q h_p$
이 공식을 쓰는 이유는 단면적이 일정한 관로이므로 속도수두 항이 서로 상쇄되고, 출구 조건을 유지하려면 위치수두 증가분, 압력수두 증가분, 손실수두를 모두 펌프가 보충해야 하기 때문이다.

### 계산 과정

1. 위치수두 차는 $z_2 - z_1 = 40 - 30 = 10m$이다.
2. 압력수두 차는 $\frac{p_2 - p_1}{\gamma} = \frac{300{,}000 - 100{,}000}{10{,}000} = 20m$이다.
3. 필요한 펌프 수두는 $h_p = 10 + 20 + 5 = 35m$이다.
4. 펌프 동력은 $P = \gamma Q h_p = 10{,}000 \times 1 \times 35 = 350{,}000W = 0.35MW$이다.

### 선지별 해설

① X: $0.20MW$는 압력수두 차 $20m$만 반영한 값이다. 올바르게는 위치수두 차 $10m$와 손실수두 $5m$도 더해 $35m$를 사용해야 한다.
② X: $0.25MW$는 압력수두 차 $20m$와 손실수두 $5m$만 더한 값이다. 틀린 표현은 위치수두 증가를 빠뜨린 계산이라는 점이며, 올바르게는 $z_2 - z_1 = 10m$를 포함해야 한다.
③ X: $0.30MW$는 압력수두 차 $20m$와 위치수두 차 $10m$만 반영한 값이다. 올바르게는 관 마찰 등으로 손실되는 수두 $5m$까지 더해야 한다.
④ O: 펌프가 보충해야 할 전체 수두는 압력수두 차 $20m$, 위치수두 차 $10m$, 손실수두 $5m$의 합인 $35m$이다. 따라서 동력은 $0.35MW$가 되어 옳다.

NoteBase

### 오답 포인트

이 문제의 함정은 압력 증가만 보고 계산을 끝내거나, 표고차 또는 손실수두 중 하나를 누락하는 데 있다.
단면적이 일정하다는 조건 때문에 유속수두는 사라지지만, 위치수두와 손실수두까지 사라지는 것은 아니다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

펌프 동력 문제는 먼저 에너지 방정식에서 어떤 수두 항이 남는지 정리한 뒤, 위치수두 차, 압력수두 차,
손실수두를 모두 합해 펌프 수두를 구하고 마지막에 $P = \gamma Q h_p$로 변환하는 순서로 판단한다.

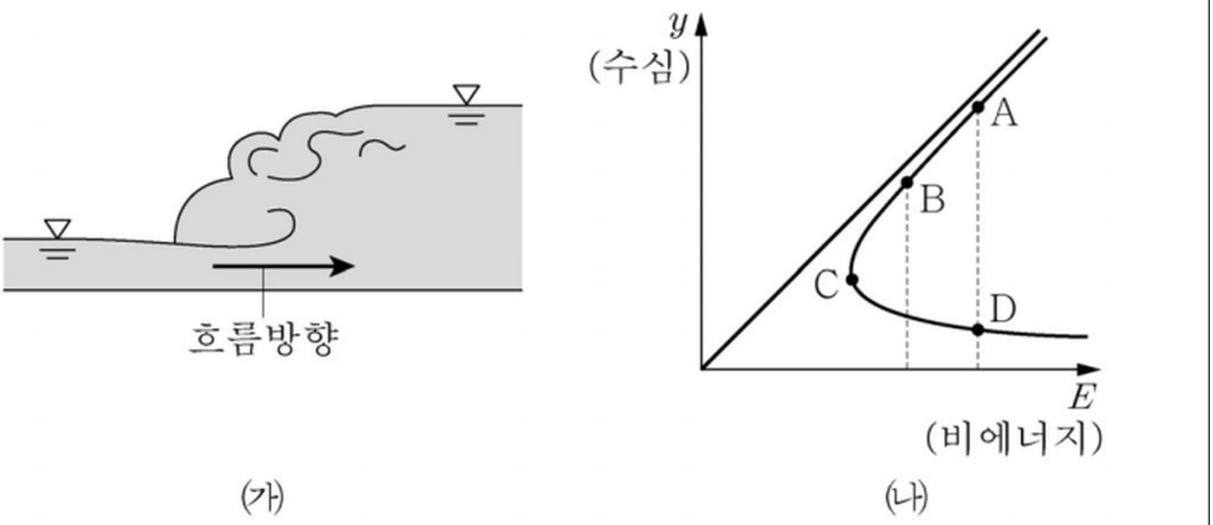
### 암기 포인트

펌프 동력은 전체 필요수두의 합이다. 압력수두 차 + 위치수두 차 + 손실수두를 먼저 구한 뒤 $P = \gamma Q h$를
적용한다.

NoteBase

**문 8. <보기>와 같이 (가)와 같은 물의 흐름에 대하여 (나)와 같은 비에너지선도를 얻었다. (나)의 비에너지선도 위에 있는 A, B, C, D점을 (가)의 흐름 과정에 따라 순서대로 나열한 것은?**

<보기>




① A → B

② A → B → C → D

③ D → C → B

④ D → C → B → A

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 상향단차를 지나는 사류가 비에너지선도에서 어떻게 이동하고, 이후 수리도약으로 어느 점으로 전이되는지를 읽는 문제이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X. A와 B는 모두 상부 가지의 깊은 수심 쪽 점이므로, 그림 (가)의 시작 상태인 좌측 얕은 사류를 설명하지 못한다. 틀린 표현은 'A→B'이며 올바르게는 'D에서 시작하여 C를 거쳐 B로 간다'이다.
② X. A→B→C→D는 실제 흐름 방향을 거꾸로 읽은 배열이다. 그림 (가)는 얕은 사류가 단차를 만나고 수리도약 뒤 깊은 흐름으로 바뀌는 과정이므로 상부 가지 A에서 시작하지 않는다. 틀린 표현은 'A→B→C→D'이며 올바르게는 'D→C→B'이다.
③ O. D는 단차 전의 얕은 사류 상태이고, 단차가 올라가면 비에너지 $E$가 줄어 하부 가지에서 C 쪽으로 이동한다. 이후 수리도약이 생기면 깊은 수심의 상부 가지인 B로 전이되므로 D→C→B가 맞다.
④ X. D→C→B까지는 맞지만 마지막 A가 틀리다. A는 D와 같은 비에너지에 대응하는 다른 수심점일 뿐 실제 흐름이 B 다음에 다시 가는 점이 아니다. 틀린 표현은 '…→A'이며 올바르게는 'D→C→B'이다.

### 오답 포인트

A와 D처럼 같은 비에너지에 대응하는 대체수심을 실제 시간 순서로 착각하기 쉽다. 이 문항은 흐름 방향, 상향단차에 따른 $E$ 감소, 수리도약에 따른 깊이 증가를 함께 읽어야 풀린다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

먼저 시작 흐름이 얕은 사류인지 확인하고, 단차가 올라가면 비에너지가 줄어 점이 하부 가지에서 임계점 쪽으로 이동한다고 본다. 그다음 수리도약이 보이면 하부 가지의 얕은 수심점에서 상부 가지의 깊은 수심점으로 전이된다고 판단한다.

### 암기 포인트

사류가 상향단차를 만나면 비에너지가 줄고, 수리도약이 생기면 얕은 수심에서 깊은 수심으로 넘어간다.

NoteBase

**문 9. <보기>는 도시화가 진행되었을 때 일반적으로 나타나는 수문학적 현상들이다. 옳은 것을 <보기>에서 모두 고른 것은?**

<보기>
ㄱ. 동일한 강우에 대하여 첨두유출량이 증가한다.
ㄴ. 동일한 강우에 대하여 지체시간(Lag Time)이 증가한다.
ㄷ. 유역의 불투수도가 증가하여 곡선지수(Curve Number)가 감소한다.
ㄹ. 국지적으로 지하수 공급량이 감소한다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄷ, ㄹ

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 도시화로 불투수면이 증가할 때 첨두유출량, 지체시간, 곡선지수, 지하수 함양이 어느 방향으로 변하는지를 묻는다.

**핵심 개념**

도시화가 진행되면 불투수면과 배수시설의 영향으로 침투와 저류는 줄고 직접유출은 빨라진다.
그 결과 동일한 강우에서도 첨두유출량은 증가하고 지체시간은 감소한다.
또한 불투수도가 증가하면 Curve Number는 감소가 아니라 증가하고, 지하수 함양량은 전반적으로 감소한다.

**선지별 해설**

1번 X: ㄱ은 옳지만 ㄴ이 틀리다. 도시화가 되면 유출이 더 빨리 하천에 도달하므로 지체시간은 증가가 아니라 감소한다. 따라서 'ㄱ, ㄴ'이 아니라 'ㄱ, ㄹ'이어야 한다.
2번 O: ㄱ과 ㄹ은 옳다. 동일한 강우에 대해 첨두유출량은 커지고, 침투 감소로 국지적 지하수 공급량도 줄어든다.
3번 X: ㄴ과 ㄷ이 모두 틀리다. 지체시간은 증가가 아니라 감소하고, 불투수도 증가에 따라 Curve Number는 감소가 아니라 증가한다. 올바른 진술은 '지체시간이 감소한다', '곡선지수가 증가한다'이다.
4번 X: ㄱ과 ㄹ은 옳지만 ㄷ이 틀리다. 오답을 만드는 표현은 '곡선지수가 감소한다'이며, 올바르게는 '곡선지수가 증가한다'이다.

NoteBase

### 오답 포인트

도시화의 핵심은 불투수면 증가와 배수의 신속화인데, 이를 놓치면 지체시간과 Curve Number의 변화를 반대로 판단하게 된다. 특히 '동일한 강우'라는 조건에서도 응답 속도는 더 빨라진다는 점이 함정이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

도시화 문제가 나오면 먼저 불투수면 증가를 떠올린다. 그다음 침투 감소, 직접유출 증가, 첨두유출량 증가, 지체시간 감소, Curve Number 증가, 지하수 함양 감소의 순서로 방향성을 점검하면 된다.

### 암기 포인트

도시화는 불투수면 증가로 첨두유출량과 Curve Number는 증가하고, 지체시간과 지하수 함양은 감소한다.

NoteBase

**문 10. 수문 하류에 설치된 폭 4m, 길이 20m인 수평 방류수로에서 도수가 발생하였다. 수로의 조도계수 $n = 0.01$, 단위 폭당 유량 $Q = 7.67m^3/s/m$, 도수 전 수심 $h_1 = 1m$, 도수 후 수심 $h_2 = 3m$일 때 도수로 인한 수두손실 값은?**

① $1/4m$

② $1/3m$

③ $1/2m$

④ $2/3m$

**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 직사각형 수로에서 발생한 도수의 수두손실을 도수 전후 수심으로 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 도수 전 수심 $h_1 = 1m$, 도수 후 수심 $h_2 = 3m$이다.
구해야 할 값: 도수에 의한 수두손실 $\Delta E$이다.
주의할 조건: 폭, 길이, 조도계수, 단위 폭당 유량은 제시되었지만 이 문항의 손실수두 계산은 도수 전후 수심으로 직접 처리한다.

**사용할 공식**

도수에 의한 수두손실은
$\Delta E = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4h_1h_2}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 직사각형 수로의 도수에서 비에너지 손실이 도수 전후 수심 $h_1, h_2$만으로 정리되기 때문이다.

**계산 과정**

1. 수심 차는 $h_2 - h_1 = 3 - 1 = 2m$이다.
2. 손실수두는
$\Delta E = \frac{(3-1)^3}{4 \times 1 \times 3} = \frac{8}{12}m$
이다.
3. 따라서
$\Delta E = \frac{2}{3}m$
이다.

NoteBase

**선지 판단**

1번 X: 계산 결과와 다르다. 수두손실은 $1/4m$가 아니라 $2/3m$이다.
2번 X: $1/3m$는 분자 $(h_2 - h_1)^3$ 계산을 충분히 반영하지 못한 오답이다. 올바른 값은 $2/3m$이다.
3번 X: $1/2m$는 수심 차를 세제곱하지 않거나 중간 계산을 단순화해서 나온 오답이다. 도수 손실식에 따르면 $2/3m$가 된다.
4번 O: 계산 결과와 일치한다. 도수에 의한 수두손실은 $2/3m$이므로 옳다.

**오답 포인트**

폭 4m, 길이 20m, 조도계수 $n = 0.01$, 단위 폭당 유량 같은 수치가 눈에 띄지만 이 문항의 핵심은 도수 전후 수심이다. $(h_2 - h_1)^3$ 항을 빠뜨리거나 세제곱을 하지 않으면 2번이나 3번 같은 오답으로 흐른다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

도수 문제가 나오면 먼저 직사각형 수로의 손실수두식 적용 상황인지 확인하고, 도수 전후 수심 $h_1$, $h_2$를 대입해 $(h_2 - h_1)^3/(4h_1h_2)$를 계산한 뒤 보기를 대조한다.

**암기 포인트**

직사각형 수로의 도수 손실은 $\Delta E = (h_2 - h_1)^3/(4h_1h_2)$로 정리된다.

NoteBase

**문 11. 길이 30m인 개수로의 모형을 길이축척 9:1(원형:모형)로 제작할 때, 원형 수로의 계획홍수량 $122\text{m}^3/\text{s}$에 상응한 모형 수로의 유량과 원형/모형의 힘의 비로 각각 옳은 것은? (단, 원형과 모형은 물리적 특성이 동일한 물을 사용한다.)**

① $0.5\text{m}^3/\text{s}$, 729

② $0.5\text{m}^3/\text{s}$, 2,187

③ $0.8\text{m}^3/\text{s}$, 729

④ $0.8\text{m}^3/\text{s}$, 2,187

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 개수로의 자유수면 흐름 모형에서 프루드 상사를 적용하여 모형 유량과 원형/모형의 힘의 비를 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 원형:모형 길이축척은 9:1, 원형 계획홍수량은 $122\text{m}^3/\text{s}$이다.
구해야 할 값: 모형 수로의 유량과 원형/모형의 힘의 비이다.
주의할 조건: 원형과 모형은 같은 물을 사용하므로 밀도비는 1이고, 개수로 자유수면 흐름이므로 프루드 상사를 적용한다.

**사용할 공식**

프루드 상사에서 속도비는 $V_r = \sqrt{L_r}$이다.
유량비는 $Q_r = A_r V_r = L_r^2 \sqrt{L_r} = L_r^{5/2}$이다.
힘의 비는 $F_r = \rho_r L_r^3$이다.

이 공식을 쓰는 이유:
개수로의 자유수면 흐름은 중력의 영향이 지배적이므로 프루드 수를 같게 두어야 한다. 같은 물을 쓰므로 $\rho_r = 1$이어서 힘의 비는 길이비의 세제곱으로 정리된다.

**계산 과정**

1. 길이비는 $L_r = 9$이다.
2. 유량비는 $Q_r = L_r^{5/2} = 9^{5/2} = 9^2 \times 3 = 243$이다.
3. 모형 유량은 $Q_m = Q_p / Q_r = 122/243 \approx 0.502 m^3/s$이므로 약 $0.5 m^3/s$이다.
4. 힘의 비는 $F_r = \rho_r L_r^3 = 1 \times 9^3 = 729$이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① O: 모형 유량은 약 $0.5m^3/s$이고 원형/모형의 힘의 비는 729이므로 맞는 선지이다.
② X: 유량 $0.5m^3/s$까지는 맞지만 힘의 비 2,187이 틀렸다. 틀린 표현은 "힘의 비 2,187"이고, 올바르게는 "힘의 비 729"이다. 2,187은 $9^{7/2}$처럼 유량비의 지수를 힘의 비에도 잘못 적용할 때 나오는 값이다.
③ X: 힘의 비 729는 맞지만 유량 $0.8m^3/s$가 틀렸다. 틀린 표현은 "유량 $0.8\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$"이고, 올바르게는 "유량 약 $0.5\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$"이다. 0.8은 유량비 243 계산이나 122를 나누는 단계에서 잘못 산정한 값이다.
④ X: 유량 $0.8m^3/s$, 힘의 비 2,187이 모두 틀렸다. 올바르게는 "유량 약 $0.5\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$, 힘의 비 729"이다. 유량은 프루드 상사의 $L_r^{5/2}$, 힘은 $L_r^3$을 각각 써야 하는데 두 비를 함께 잘못 적용한 선지이다.

### 오답 포인트

개수로 모형은 레이놀즈 상사가 아니라 프루드 상사를 먼저 떠올려야 한다는 점이 핵심이다. 유량비 $L_r^{5/2}$와 힘의 비 $L_r^3$의 지수를 서로 바꾸거나, 원형값을 모형값으로 환산할 때 나누지 않고 곱하는 실수가 자주 나온다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

자유수면 흐름 모형이 보이면 먼저 프루드 상사 여부를 확인하고, 길이비에서 속도비 $\sqrt{L_r}$, 유량비 $L_r^{5/2}$, 힘의 비 $L_r^3$를 순서대로 정리해 판단한다. 원형값을 모형값으로 바꿀 때는 해당 비로 나누는지까지 함께 검산한다.

### 암기 포인트

개수로 프루드 상사에서는 $V_r = \sqrt{L_r}$, $Q_r = L_r^{5/2}$, $F_r = L_r^3$이다.

NoteBase

**문 12. 벽면의 조도가 일정한 정삼각형 수로의 등류흐름에서 유량 $Q$와 수심 $h$의 비례 관계를 옳게 나타낸 것은?**

① $Q$는 $h^{\frac{2}{3}}$에 정비례한다.

② $Q$는 $h^{\frac{5}{3}}$에 정비례한다.

③ $Q$는 $h^{\frac{8}{3}}$에 정비례한다.

④ $Q$는 $h^{\frac{11}{3}}$에 정비례한다.

**정답 3번**

### 출제 포인트

이 문제는 정삼각형 개수로의 단면적과 동수반지름을 수심 $h$의 함수로 놓고 Manning 식에서 유량 $Q$의 비례지수를 구할 수 있는지를 묻는다.

### 조건 정리

주어진 조건은 정삼각형 수로, 등류흐름, 벽면 조도 일정이다.
구해야 할 값은 유량 $Q$와 수심 $h$의 비례 관계이다.
같은 수로의 등류로 보므로 조도계수 $n$과 동수경사 $S$는 상수로 둔다.

### 사용할 공식

Manning 식은 $Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$이다.
이 문제에서는 벽면 조도가 일정하므로 $n$이 일정하고, 같은 수로의 등류이므로 $S$도 일정하다.
따라서 비례 관계는 $Q \propto A R^{2/3}$로 정리된다.

### 계산 과정

1. 정삼각형 수로에서 수심이 $h$이면 수면폭은 $\frac{2h}{\sqrt{3}}$이므로 단면적은 $A = \frac{1}{2} \cdot \frac{2h}{\sqrt{3}} \cdot h = \frac{h^2}{\sqrt{3}}$이다.
2. 젖은 둘레는 양 측면 길이의 합이므로 $P = 2 \cdot \frac{2h}{\sqrt{3}} = \frac{4h}{\sqrt{3}}$이다.
3. 동수반지름은 $R = \frac{A}{P} = \frac{h}{4}$이므로 $R \propto h$이다.
4. 따라서 $Q \propto A R^{2/3} \propto h^2 \cdot h^{2/3} = h^{8/3}$이다.

NoteBase

### 선지 판단

1번 X: $Q \propto h^{2/3}$는 $R^{2/3}$만 남기고 단면적 $A \propto h^2$의 변화를 빠뜨린 값이다. 틀린 표현은 $h^{2/3}$ 부분이고, 올바르게는 $h^{8/3}$에 정비례한다.
2번 X: $Q \propto h^{5/3}$는 지수를 작게 잡은 오답이다. 정삼각형 수로에서는 $A \propto h^2$, $R \propto h$이므로 올바르게는 $h^{8/3}$에 정비례한다.
3번 O: Manning 식에 $A \propto h^2$와 $R \propto h$를 대입하면 $Q \propto h^2 \cdot h^{2/3} = h^{8/3}$이므로 옳다.
4번 X: $Q \propto h^{11/3}$는 $h$의 지수를 과대계산한 오답이다. 틀린 표현은 $h^{11/3}$ 부분이고, 올바르게는 $h^{8/3}$에 정비례한다.

### 오답 포인트

단면적 $A$와 동수반지름 $R$이 모두 수심 $h$에 따라 변한다는 점을 한쪽만 반영하면 지수가 어긋난다. 특히 $R = A/P$를 따로 구하지 않고 감으로 지수를 더하면 1번, 2번, 4번 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

개수로 비례식 문제는 먼저 $A(h)$와 $P(h)$를 구하고, 다음에 $R(h) = A/P$를 만든 뒤, 마지막에 Manning 식 $Q \propto AR^{2/3}$에 대입해 지수를 합산하면 된다.

### 암기 포인트

정삼각형 수로는 $A \propto h^2$, $R \propto h$이므로 등류 유량은 $Q \propto h^{8/3}$이다.

NoteBase

**문 13. 어떤 물류단지의 우수배제를 위한 우수관거를 재현기간 20년으로 설계하고자 한다. 우수의 유입시간이 5분이고 최장 길이가 1,200m인 우수관거에 우수를 유속 2m/s로 유하할 경우 도달시간에 대한 강우강도는? (단, 20년 재현기간의 강우강도식은 $I = \frac{6,000}{t+15}$ (mm/hr)이며, 지속시간과 도달시간은 같다고 가정한다.)**

① 120mm/hr

② 150mm/hr

③ 180mm/hr

④ 200mm/hr

**정답 4번**

### 출제 포인트

이 문제는 유입시간과 관거 내 유하시간을 합한 도달시간을 구한 뒤 강우강도식에 대입하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값: 유입시간 5분, 관거 길이 1,200m, 유속 2m/s이다.
구해야 할 값: 도달시간에 대한 강우강도이다.
주의할 조건: 지속시간과 도달시간은 같으므로 강우강도식의 $t$에는 총 도달시간을 넣는다.

### 사용할 공식

$t_c = t_i + t_f$
$t_f = \frac{L}{V}$
$I = \frac{6000}{t+15}$
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 구하려는 값은 유입구에서 관거 말단까지의 총 도달시간에 대응하는 강우강도이기 때문이다.

### 계산 과정

1. 관거 내 유하시간은 $t_f = \frac{1200}{2} = 600$초이므로 10분이다.
2. 총 도달시간은 $t_c = 5 + 10 = 15$분이다.
3. 강우강도는 $I = \frac{6000}{15+15} = \frac{6000}{30} = 200$mm/hr이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X: '120mm/hr'가 틀린 표현이다. 계산 결과 강우강도는 200mm/hr이므로 이 선지는 정답값보다 작다. 올바른 값은 120mm/hr가 아니라 200mm/hr이다.
② X: '150mm/hr'가 틀린 표현이다. 도달시간을 15분으로 두고 식에 대입하면 150이 아니라 200mm/hr이 나온다. 올바른 값은 150mm/hr가 아니라 200mm/hr이다.
③ X: '180mm/hr'가 틀린 표현이다. 주어진 유속과 길이로 계산한 유하시간은 10분이고, 여기에 유입시간 5분을 더해야 하므로 강우강도는 180이 될 수 없다. 올바른 값은 180mm/hr가 아니라 200mm/hr이다.
④ O: 총 도달시간이 15분이므로 $I = \frac{6000}{15+15} = 200$mm/hr이다. 수치와 단위가 모두 맞으므로 옳다.

### 오답 포인트

관거 내 유하시간만 보고 끝내거나, 600초를 10분으로 바꾸지 못하면 도달시간을 잘못 잡게 된다. 이 문항의 핵심 함정은 유입시간 5분과 관내 유하시간 10분을 따로 보지 않고 반드시 합산해야 한다는 점이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

배수관거 강우강도 문항은 먼저 유하시간을 길이 나누기 유속으로 구하고, 이를 유입시간과 더해 총 도달시간을 만든 뒤, 강우강도식의 시간 단위가 분인지 확인하고 대입해 판단한다.

### 암기 포인트

도달시간은 유입시간과 관내 유하시간의 합이며, 관내 유하시간은 길이 나누기 유속이다.

NoteBase

**문 14. 층류저층(점성저층)에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?**

① 난류상태로 흐를 때 유체의 점성이 지배되는 층류 부분이 존재한다.

② 층류저층의 두께는 흐름의 세기에 비례한다.

③ 층류저층의 두께는 동점성계수에 비례한다.

④ 층류저층의 두께는 마찰속도에 반비례한다.

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 난류 경계층 안의 층류저층(점성저층) 두께가 무엇에 비례하고 무엇에 반비례하는지를 묻는 문제이다.

### 핵심 개념

층류저층은 전체 흐름이 난류여도 고체 경계 바로 위에서 점성이 지배하는 매우 얇은 층이다.
층류저층의 두께는 대체로 $\delta \propto \nu/u_*$로 보므로 동점성계수 $\nu$가 클수록 두꺼워지고 마찰속도 $u_*$가 클수록 얇아진다.

### 선지별 해설

1번 O: 난류로 흐르더라도 바닥 바로 위에는 점성력이 지배하는 층류저층이 남는다. 전체는 난류이지만 경계면 인접부는 층류적 거동을 보인다는 설명이므로 옳다.
2번 X: 층류저층 두께는 흐름이 강해질수록 두꺼워지는 것이 아니라 얇아진다. 흐름의 세기가 커지면 마찰속도 $u_*$가 증가하여 $\delta \propto 1/u_*$ 관계에 따라 두께가 감소한다. 틀린 표현은 "비례한다"이고, 올바르게는 "흐름의 세기가 커질수록 층류저층의 두께는 감소한다"이다.
3번 O: 층류저층 두께는 동점성계수 $\nu$에 비례한다. 점성이 클수록 점성의 영향이 더 멀리 미치므로 점성저층이 두꺼워진다.
4번 O: 층류저층 두께는 마찰속도 $u_*$에 반비례한다. 경계면 전단이 커질수록 점성저층이 압축되어 더 얇아진다.

### 오답 포인트

흐름이 강하면 경계층도 두꺼워진다고 막연히 연결하면 2번에 끌리기 쉽다. 이 문항은 전체 경계층 두께가 아니라 바닥 바로 위의 층류저층 두께를 묻기 때문에, 강한 흐름일수록 마찰이 커져 오히려 얇아진다는 점을 구분해야 한다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

층류저층이 나오면 먼저 점성지배층이라는 뜻을 확인하고, 두께 관계를 $\delta \propto \nu/u_*$로 정리한다. 이후 동점성계수는 정비례, 마찰속도와 흐름 세기는 반비례 방향으로 판단하면 된다.

NoteBase

**암기 포인트**

점성은 두껍게, 마찰은 얇게 만든다. 즉 층류저층은 $\nu$에 비례하고 $u_*$에 반비례한다.

NoteBase

**문 15. 직경 1m, 초기 수심 8m인 굴착정에서 계속된 양수에 의한 최종 수심이 5m이다. 대수층 두께 $B = 2.3m$, 투수계수 $K = 0.2cm/s$, 영향권 반경 $R = 500m$일 때 양수량$(l/s)$은? (단, 중력가속도 $g = 10m/s^2$, $\ln = 2.3\log$이다.)**

① $2\pi$

② $4\pi$

③ $6\pi$

④ $8\pi$

**정답 2번**

### 출제 포인트

이 문제는 정상 상태 피압대수층에서 굴착정의 양수량을 Thiem 식으로 구하는 문제이다.

### 조건 정리

주어진 값은 정 직경 1m이므로 정반경 $r = 0.5m$, 초기 수심 8m, 최종 수심 5m, 대수층 두께 $B = 2.3m$, 투수계수 $K = 0.2cm/s = 0.002m/s$, 영향원 반경 $R = 500m$이다.
구해야 할 값은 양수량 $Q$이다.
주의할 조건은 수위강하량이 $8 - 5 = 3m$이고, 로그는 $\ln(R/r)$에 대입해야 한다는 점이다.

### 사용할 공식

정상 상태 피압대수층의 Thiem 식은 $Q = \frac{2\pi KB(H-h)}{\ln(R/r)}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 대수층 두께 $B$가 주어졌고, 양수 전후 수두차와 영향원 반경을 이용하는 정상 방사류 조건이기 때문이다.

### 계산 과정

1. 수위강하량은 $H - h = 8 - 5 = 3m$이다.
2. 정반경은 $r = 0.5m$이므로 $\ln(R/r) = \ln(500/0.5) = \ln(1000) = 2.3\log 1000 = 6.9$이다.
3. 이를 식에 대입하면 $Q = \frac{2\pi \times 0.002 \times 2.3 \times 3}{6.9} = 0.004\pi m^3/s$ 이다.
4. $1m^3/s = 1000L/s$이므로 $Q = 4\pi L/s$이다.

NoteBase

### 선지별 해설

① X: $2\pi L/s$는 정답의 절반이다. 정상 상태 피압대수층 식의 계수 $2\pi$를 빠뜨리면 이런 값이 나온다. 틀린 표현은 양수량 값 자체이고, 올바르게는 $4\pi L/s$이다.
② O: 계산 결과가 정확히 $4\pi L/s$이므로 옳다.
③ X: $6\pi L/s$는 $\ln(R/r)$를 $\ln 100 = 4.6$처럼 잘못 잡을 때 나오는 값이다. 문제에서는 $R/r = 500/0.5 = 1000$이므로 $\ln 1000 = 6.9$를 써야 한다. 틀린 표현은 양수량 값 자체이고, 올바르게는 $4\pi L/s$이다.
④ X: $8\pi L/s$는 투수계수 $0.2cm/s$를 $0.004m/s$처럼 잘못 환산할 때 나오는 오답이다. $0.2cm/s = 0.002m/s$로 바꾸어야 한다. 틀린 표현은 양수량 값 자체이고, 올바르게는 $4\pi L/s$이다.

### 오답 포인트

직경 1m를 반경 1m로 착각하거나, $0.2cm/s$를 $m/s$로 바꾸는 단위환산을 틀리면 오답이 된다. 또한 $\ln(R/r)$에서 $R/r = 1000$을 놓치면 ③처럼 큰 값이 나온다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

양수량 문제는 먼저 $r$, $R$, 수두차를 정리한 뒤 대수층 두께 $B$가 보이면 피압대수층의 $Q = 2\pi KB(H-h)/\ln(R/r)$ 형태를 떠올리면 된다. 마지막에는 $cm/s \to m/s$, $m^3/s \to L/s$ 변환을 검산하면 된다.

### 암기 포인트

피압대수층 정상 양수는 $Q \propto KB(H-h)$, 분모는 $\ln(R/r)$이다.

NoteBase

**문 16. 관수로 흐름의 해석방법과 마찰손실에 관한 설명으로 가장 옳은 것은?**

① 관수로 흐름이 층류일 때 발달거리 $L = 0.06 \times Re \times d$ ($Re$: 레이놀즈수, $d$: 관경)로 구하고, 원형관에서 레이놀즈수가 4,000 이하이면 층류로 해석한다.

② 층류에서 마찰손실수두는 평균 유속의 제곱에 비례하고, 난류영역에서 마찰손실계수 변화의 결정요인은 상대조도이다.

③ Darcy-Weisbach 공식은 층류와 난류의 구분 없이 적용 가능하다.

④ '$l/d$ ($l$: 관 길이, $d$: 관경)'가 300 이상이면 관수로 손실에서 마찰 이외의 기타 손실을 무시하며, 마찰손실계수는 무차원이다.

**정답 3번**

**출제 포인트**

이 문제는 관수로에서 층류·난류의 구분, Darcy-Weisbach 식의 적용 범위, 부차손실 무시 조건을 구별할 수 있는지를 묻는다.

**핵심 개념**

층류: 점성력이 지배적이어서 유선이 질서 있게 유지되는 흐름이며 원형관에서는 보통 $Re \lesssim 2{,}000$에서 본다.
난류: 와류와 혼합이 커지는 흐름이며 마찰계수는 $Re$와 상대조도의 영향을 받는다.
Darcy-Weisbach 식: $h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$ 형태로 마찰손실수두를 구하는 기본식이며, 층류와 난류 모두에 적용하고 차이는 $f$를 구하는 방법에 있다.

**선지별 해설**

1번: X. 입구발달길이를 $L_e \approx 0.06Red$로 보는 취지는 맞지만, '레이놀즈수가 4,000 이하이면 층류'가 틀린 표현이다. 원형관에서는 대체로 $Re \lesssim 2{,}000$가 층류이고, 2,000~4,000은 천이영역이다.
2번: X. 틀린 부분은 '층류에서 마찰손실수두는 평균유속의 제곱에 비례'이다. 층류에서는 $f = 64/Re$이므로 손실수두는 평균유속에 1차 비례한다. 또한 난류의 마찰계수는 상대조도만으로 고정되지 않고 유동영역에 따라 $Re$와 상대조도를 함께 본다.
3번: O. Darcy-Weisbach 식은 층류와 난류를 가리지 않고 사용할 수 있다. 다만 층류에서는 $f = 64/Re$를 쓰고, 난류에서는 Moody 선도나 Colebrook식처럼 $Re$와 상대조도에 따라 $f$를 정한다.
4번: X. 'l/d가 300 이상이면 기타 손실을 무시한다'를 일반 법칙처럼 단정한 부분이 틀리다. $L/D$가 큰 장관에서는 부차손실 비중이 작아질 수 있지만, 실제 무시 가능 여부는 입구·출구·밸브·곡관 등 국부손실의 크기를 함께 보고 판단한다. 마찰손실계수가 무차원이라는 설명 자체는 맞다.

NoteBase

### 오답 포인트

1번의 4,000과 4번의 $L/D \geq 300$ 같은 숫자 조건을 기계적으로 외우면 함정에 걸린다. 이 문항은 숫자 하나보다 적용 범위가 절대 조건인지 경험칙인지, 그리고 Darcy-Weisbach 식과 마찰계수 $f$를 구분하는지를 노린다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

관수로 선택지는 먼저 층류 기준 $Re$, 다음으로 Darcy-Weisbach 식 자체와 마찰계수 산정법을 분리해서 본다. 그다음 '항상', '무시한다'처럼 절대화한 표현이 나오면 경험식인지 일반식인지 다시 확인하면 된다.

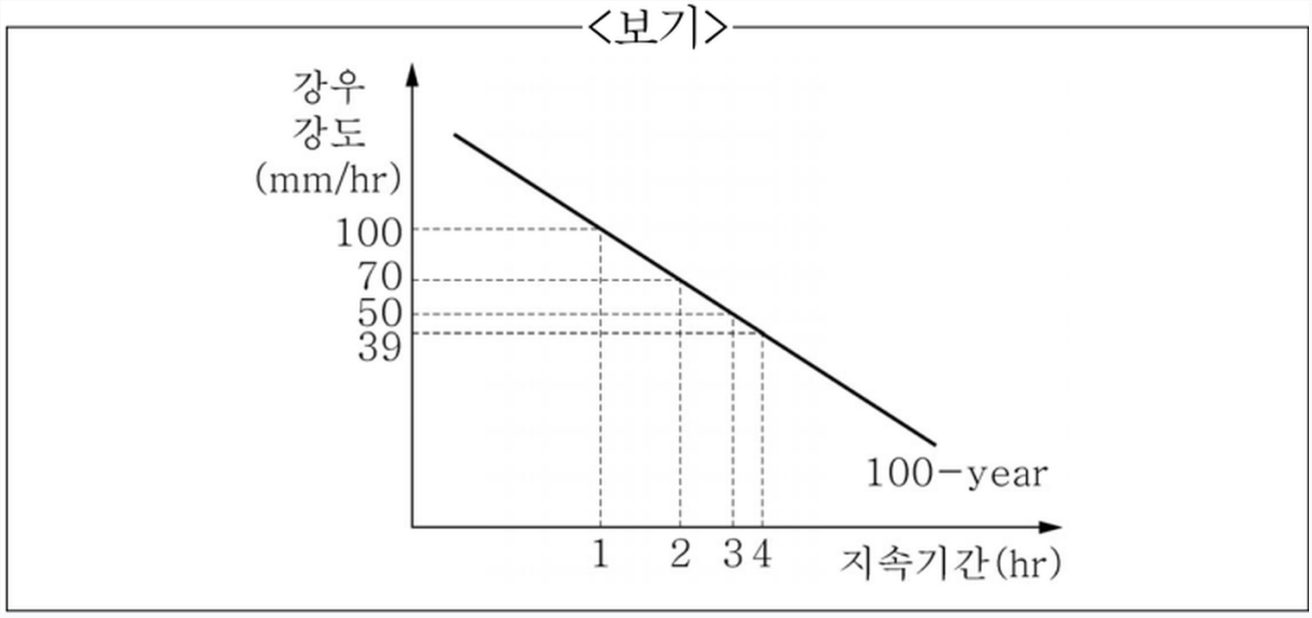
### 암기 포인트

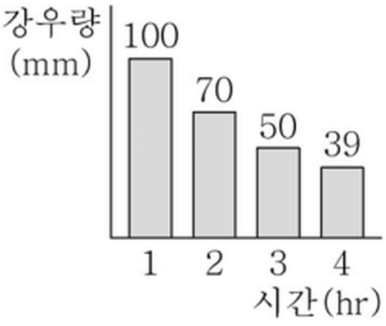
Darcy-Weisbach 식은 공통식이고, 층류·난류의 차이는 식이 아니라 마찰계수 $f$를 구하는 방법에 있다.

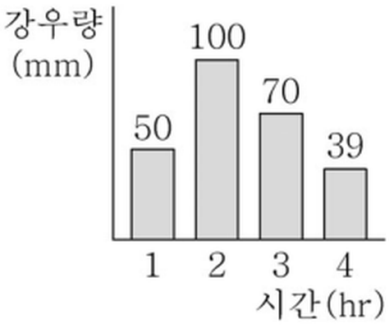
NoteBase

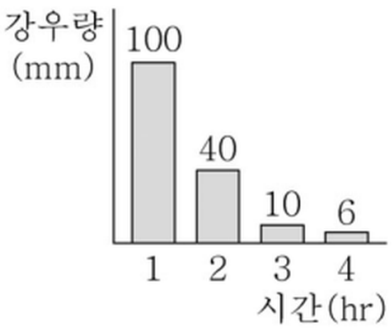
**문 17. <보기>의 지속기간-강우강도 그래프에 따라 1시간 단위의 100년 빈도-4시간 설계우량주상도를 교호블록법을 사용하여 나타낸 것으로 옳은 것은?**

<보기>



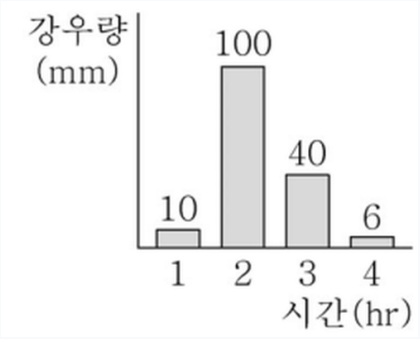

① 


② 


③ 


NoteBase

④




**정답 4번**

**출제 포인트**

이 문제는 지속기간-강우강도 그래프를 총강우량으로 바꾼 뒤 1시간 증분 우량을 구하고, 이를 교호블록법으로 재배열할 수 있는지를 묻는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값은 100년 빈도 강우강도이다.
지속기간 1, 2, 3, 4시간의 강우강도는 각각 100, 70, 50, 39mm/hr이다.
구해야 할 값은 4시간 설계우량주상도를 1시간 단위 교호블록법으로 배열한 결과이다.

**사용할 공식**

지속기간 $t$의 총강우량은 $P = t \times i$이다.
따라서 각 지속기간의 누가우량은 $P_1 = 1 \times 100 = 100$, $P_2 = 2 \times 70 = 140$, $P_3 = 3 \times 50 = 150$, $P_4 = 4 \times 39 = 156$ mm이다.
1시간 증분 우량은 누가우량의 차로 구하므로 100, 40, 10, 6mm가 된다.
이 값을 큰 것부터 가운데에 배치하고 좌우로 번갈아 놓는 방식이 교호블록법이다.

**계산 과정**

1. 강우강도를 총강우량으로 바꾸면 1시간 100mm, 2시간 140mm, 3시간 150mm, 4시간 156mm이다.
2. 1시간 단위 증분 우량은 100, $140 - 100 = 40$, $150 - 140 = 10$, $156 - 150 = 6$ mm이다.
3. 교호블록법은 최대 증분 우량 100mm를 중앙에 두고, 다음 큰 40mm를 그 오른쪽, 다음 10mm를 왼쪽, 마지막 6mm를 다시 오른쪽에 둔다.
4. 따라서 시간순 배열은 10, 100, 40, 6mm이다.

NoteBase

**선지별 해설**

① X
100, 70, 50, 39는 강우강도 값이지 1시간 증분 우량이 아니다. 올바르게는 강우강도를 먼저 총강우량으로 바꾼 뒤 차분하여 증분 우량을 구해야 한다.

② X
50, 100, 70, 39는 강우강도와 우량 개념이 섞여 있어 계산 근거가 없다. 올바르게는 증분 우량 100, 40, 10, 6mm를 구한 뒤 교호배열을 해야 한다.

③ X
100, 40, 10, 6은 증분 우량 자체는 맞지만 시간순으로 재배열하지 않은 값이다. 올바르게는 교호블록법에 따라 10, 100, 40, 6mm로 놓아야 한다.

④ O
지속기간별 강우강도에서 구한 증분 우량은 100, 40, 10, 6mm이고, 이를 교호블록법으로 배열하면 10, 100, 40, 6mm가 된다. 따라서 4번이 옳다.

**오답 포인트**

가장 흔한 실수는 강우강도와 강우량을 바로 같은 값으로 보는 점이다. 또 ③처럼 증분 우량까지는 맞게 구하고도 교호블록법의 재배열 단계를 빠뜨리면 오답이 된다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

지속기간-강우강도 문제가 나오면 먼저 $P = t \times i$로 누가우량을 만든다. 그다음 인접 차로 증분 우량을 구하고, 마지막에 최대값을 중앙에 둔 교호배열인지 확인하면 된다.

**암기 포인트**

교호블록법은 강우강도 직독이 아니라 누가우량 변환 후 차분, 최대블록 중앙 배치의 순서로 푼다.

NoteBase

**문 18. 담수 호수에 FRP 재료로 만든 무게 30ton의 부체를 띄울 예정이다. 부체의 부양면 면적이 $20m^2$일 때 여유수심을 0.5m 이상으로 한다면 이 호수의 최소 소요수심은?**

① 1.5m

② 2.0m

③ 2.5m

④ 3.0m

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 담수에서의 부체 흘수를 배수체적과 부양면적으로 구한 뒤, 그 흘수에 여유수심을 더해 최소 소요수심을 계산하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 부체 무게 30 ton, 부양면 면적 $20m^2$, 여유수심 0.5m이다.
구해야 할 값: 호수의 최소 소요수심이다.
주의할 조건: 여유수심은 부체 바닥 아래에 추가로 확보해야 하는 수심이므로 흘수만 구하고 끝내면 안 된다.

**사용할 공식**

담수에서 배수체적은 부체 무게와 같으므로 배수체적 $V = 30m^3$이다. 흘수 $d$는 $d = V/A$로 구한다.
이 공식을 쓰는 이유: 뜬 부체는 자기 무게만큼의 담수를 밀어내야 하므로 먼저 잠긴 체적을 구하고, 부양면 면적으로 나누면 물속에 잠기는 깊이인 흘수가 나오기 때문이다.

**계산 과정**

1. 담수에서 30 ton 부체가 떠 있으려면 $30m^3$의 물을 밀어내야 한다.
2. 흘수는 $d = V/A = 30/20 = 1.5m$이다.
3. 최소 소요수심은 흘수 1.5m에 여유수심 0.5m를 더한 2.0m이다.

NoteBase

**선지 판단**

1번 X: 1.5m는 부체가 물에 잠기는 흘수만 계산한 값이다. 최소 소요수심은 여기에 여유수심 0.5m를 더해야 하므로 2.0m가 맞다.
2번 O: 흘수 1.5m에 여유수심 0.5m를 더하면 최소 소요수심은 2.0m가 된다.
3번 X: 2.5m는 흘수 1.5m에 필요 이상으로 1.0m를 더한 값이다. 문제 조건의 여유수심은 0.5m이므로 2.0m로 고쳐야 한다.
4번 X: 3.0m는 배수체적 30을 면적 20으로 나누지 않고 잘못 합산하거나 여유수심을 중복 반영한 값이다. 최소 소요수심은 흘수 계산 후 0.5m만 추가한 2.0m이다.

**오답 포인트**

여유수심을 여유고처럼 혼동하거나, 흘수 1.5m를 구한 뒤 문제를 다 풀었다고 착각하면 1번으로 흐르기 쉽다. 이 문제는 '잠기는 깊이'와 '필요한 전체 수심'을 구분하는지가 핵심 함정이다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

부체 수심 문제는 부체 무게로 배수체적을 구하고, 부양면적으로 나누어 흘수를 계산한 다음, 문제에서 요구한 여유수심이나 바닥 여유를 마지막에 더하는 순서로 판단한다.

**암기 포인트**

담수 부체의 최소 소요수심은 흘수 ＝배수체적/부양면적에 여유수심을 더한 값이다.

NoteBase

**문 19. 단면적 $4cm^2$인 수평 분사 노즐에서 유속 $8m/s$로 분출된 물이 이동속도 $3m/s$인 수차날개에 부딪혀 수류방향이 120° 바뀔 때, 수차날개에 작용하는 수평 방향 힘의 크기는? (단, 물의 밀도는 $1{,}000kg/m^3$이고, 중력가속도 $g = 10m/s^2$이다.)**

① 15 N

② 26 N

③ 38 N

④ 150 N

**정답 1번**

**출제 포인트**

이 문제는 이동하는 수차날개에 대한 수평방향 운동량 방정식을 적용하여 날개에 작용하는 힘을 구하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값은 단면적 $A = 4cm^2 = 4 \times 10^{-4}m^2$, 노즐 유속 $V_1 = 8m/s$, 날개 이동속도 $u = 3m/s$, 물의 밀도 $\rho = 1000kg/m^3$이다.
구해야 할 값은 수차날개에 작용하는 수평 방향 힘의 크기이다.
주의할 조건은 이동날개에 실제로 들어오는 유량은 $A(V_1 - u)$로 계산하고, 120도 방향 전환은 상대속도 기준으로 본다는 점이다.

**사용할 공식**

이 문제에는 이동날개의 수평방향 운동량 방정식 $F_x = \dot{m}(V_{1x} - V_{2x})$를 사용한다.
여기서 $\dot{m} = \rho A(V_1 - u)$이고, 유출 절대속도의 수평성분은 $V_{2x} = u + (V_1 - u)\cos 120^\circ$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 날개가 속도 $u$로 움직이므로 유량과 유출속도를 모두 상대속도에서 구한 뒤 절대속도로 되돌려 운동량 변화를 계산해야 하기 때문이다.

**계산 과정**

1. 상대 유입속도는 $V_1 - u = 8 - 3 = 5m/s$이다.
2. 질량유량은 $\dot{m} = \rho A(V_1 - u) = 1000 \times 4 \times 10^{-4} \times 5 = 2kg/s$이다.
3. 상대 유출속도의 수평성분은 $5\cos 120^\circ = -2.5m/s$이므로 절대 유출속도의 수평성분은 $V_{2x} = 3 - 2.5 = 0.5m/s$이다.
4. 따라서 날개가 받는 수평힘의 크기는 $F_x = \dot{m}(V_{1x} - V_{2x}) = 2(8 - 0.5) = 15N$이다.

NoteBase

**선지 판단**

1번 O: 계산 결과 수평힘은 15 N이므로 맞는 선택지이다.
2번 X: 26 N은 질량유량을 $\rho A V_1$로 두어 날개의 이동속도 3m/s를 반영하지 않으면 나오는 값이다.
이동날개에서는 $\rho A(V_1 - u)$를 써야 하므로 올바르게는 15 N이다.
3번 X: 38 N은 120도 방향 전환을 절대속도에 바로 적용하여 $V_{2x} = 8\cos 120^\circ = -4m/s$처럼 처리할 때 나오는 값이다. 올바르게는 상대유출속도에 120도를 적용한 뒤 날개속도 3m/s를 더해 $V_{2x} = 0.5m/s$로 계산한다.
4번 X: 150 N은 단면적 $4cm^2$를 $m^2$로 바꾸지 않거나 운동량식이 아닌 다른 식을 섞을 때 생기는 과대한 값이다. 올바른 단면적은 $4 \times 10^{-4} m^2$이고 계산 결과는 15 N이다.

**오답 포인트**

이 문항의 함정은 두 가지이다. 첫째, 이동날개 문제인데도 질량유량을 고정날개처럼 $\rho AV$로 두기 쉽다. 둘째, 120도 꺾임을 절대속도에 바로 적용해 유출속도 수평성분을 잘못 잡기 쉽다.

**다시 나오면 이렇게 판단**

이동날개 계산형은 먼저 상대유입속도 $V - u$를 구하고, 그 값으로 질량유량을 계산한 뒤, 상대유출속도를 날개 기준에서 꺾어서 절대유출속도로 되돌린 다음 운동량 변화를 구하면 된다.

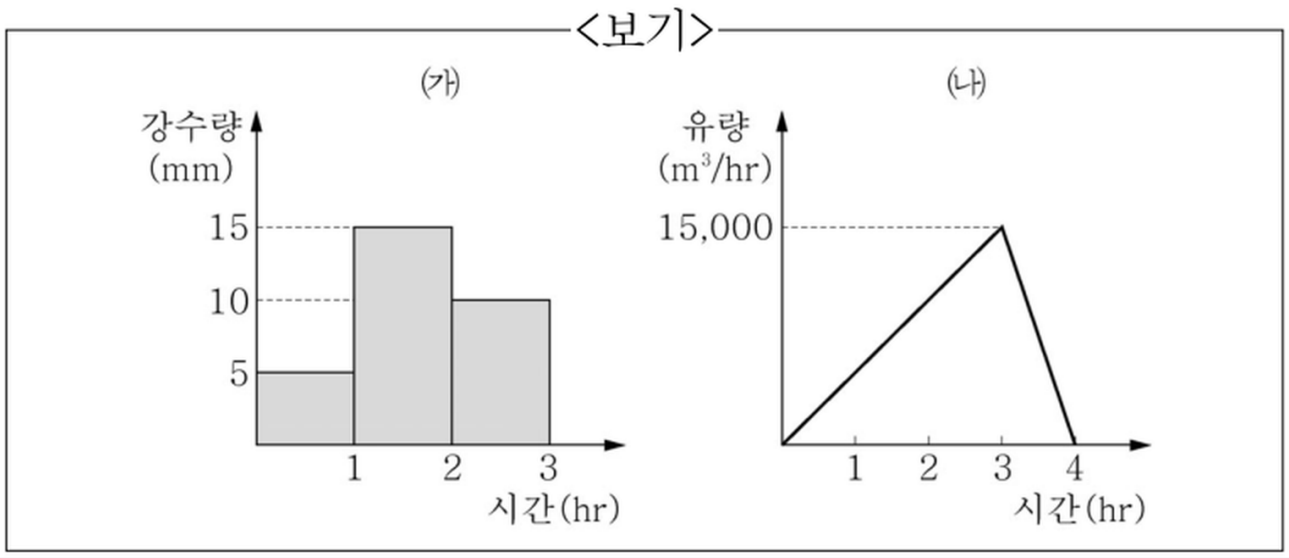
**암기 포인트**

이동 수차날개는 유량도 $V - u$, 유출방향 변화도 상대속도 기준이라는 점이 핵심이다.

NoteBase

**문 20. <보기>와 같이 $2km^2$의 크기를 가진 유역에 (가)와 같은 강수량이 발생하여 (나)와 같은 유출이 발생하였다. 이 유역의 파이-지수($\phi$-index)는?**

<보기>




① 2.5mm

② 5.0mm

③ 7.5mm

④ 10.0mm

**정답 2번**

**출제 포인트**

이 문제는 유출수문곡선의 면적으로 직접유출량을 구한 뒤 이를 유효우량으로 바꾸어 파이-지수를 산정하는 문제이다.

**조건 정리**

주어진 값: 유역면적은 $2km^2$이고, 시간별 강수량은 1시간씩 차례로 5mm, 15mm, 10mm이다.
구해야 할 값: 파이-지수이다.
주의할 조건: 유출도는 밑변 4시간, 첨두유량 $15{,}000m^3/hr$인 삼각형이므로 먼저 직접유출체적을 구해야 한다.

NoteBase

### 사용할 공식

직접유출체적은 유출수문곡선 면적이므로 $V = \frac{1}{2}BH$를 쓴다. 유효우량심은 $R_e = V/A$로 구한다. 파이-지수는 강우 동안의 일정한 손실강도로서 시간대별 유효우량의 합이 $R_e$와 같아지도록 정한다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제는 총강우량이 아니라 유출로 실제 전환된 양을 먼저 구한 다음, 그 양과 같아지는 손실강도를 역산해야 하는 구조이기 때문이다.

### 계산 과정

1. 유출수문곡선의 면적은 $\frac{1}{2} \times 4hr \times 15{,}000m^3/hr = 30{,}000m^3$이다.
2. 이를 유역면적으로 나누면 유효우량심은 $30{,}000/2{,}000{,}000 = 0.015m = 15mm$이다.
3. 시간별 강수량 5, 15, 10mm에서 파이-지수를 $\phi$라 하면 유효우량 합은 $(5-\phi)^+ + (15-\phi) + (10-\phi)$이다. $\phi = 5$일 때 유효우량은 $0 + 10 + 5 = 15mm$가 되어 계산된 유효우량심과 정확히 일치한다. 따라서 파이-지수는 5.0이다.

### 선지 판단

1번 X: 2.5mm로 보면 유효우량이 $(5-2.5) + (15-2.5) + (10-2.5) = 22.5mm$가 되어 직접유출량 15mm와 맞지 않는다. 틀린 표현은 "2.5mm"이고, 올바르게는 "5.0mm"이다.
2번 O: 5.0mm로 보면 유효우량이 $0 + 10 + 5 = 15mm$가 되어 유출수문곡선에서 계산한 직접유출량과 일치한다. 따라서 2번이 옳다.
3번 X: 7.5mm로 보면 유효우량이 $0 + 7.5 + 2.5 = 10mm$밖에 되지 않아 유출량을 과소평가한다. 틀린 표현은 "7.5mm"이고, 올바르게는 "5.0mm"이다.
4번 X: 10.0mm로 보면 유효우량이 $0 + 5 + 0 = 5mm$만 남아 실제 유출량 15mm를 설명할 수 없다. 틀린 표현은 "10.0mm"이고, 올바르게는 "5.0mm"이다.

### 오답 포인트

유출수문곡선의 첨두유량만 보고 바로 파이-지수를 추정하거나, 총강우량 30mm에서 단순 평균만 취하면 틀리기 쉽다. 이 문제의 핵심 함정은 먼저 직접유출체적을 구해 이를 유효우량심 15mm로 바꾸어야 한다는 점이다.

### 다시 나오면 이렇게 판단

유역면적이 주어지고 유출도형이 보이면 먼저 유출수문곡선 면적으로 직접유출체적을 구한다. 그다음 체적 → 유효우량심으로 바꾸고, 시간별 강우에서 일정 손실강도 $\phi$를 빼서 합이 같아지는지를 확인하면 된다.

### 암기 포인트

파이-지수 문제는 "유출도 면적 계산 → 유효우량심 환산 → 시간별 강우에서 일정 손실 차감"의 순서로 정리된다.

NoteBase