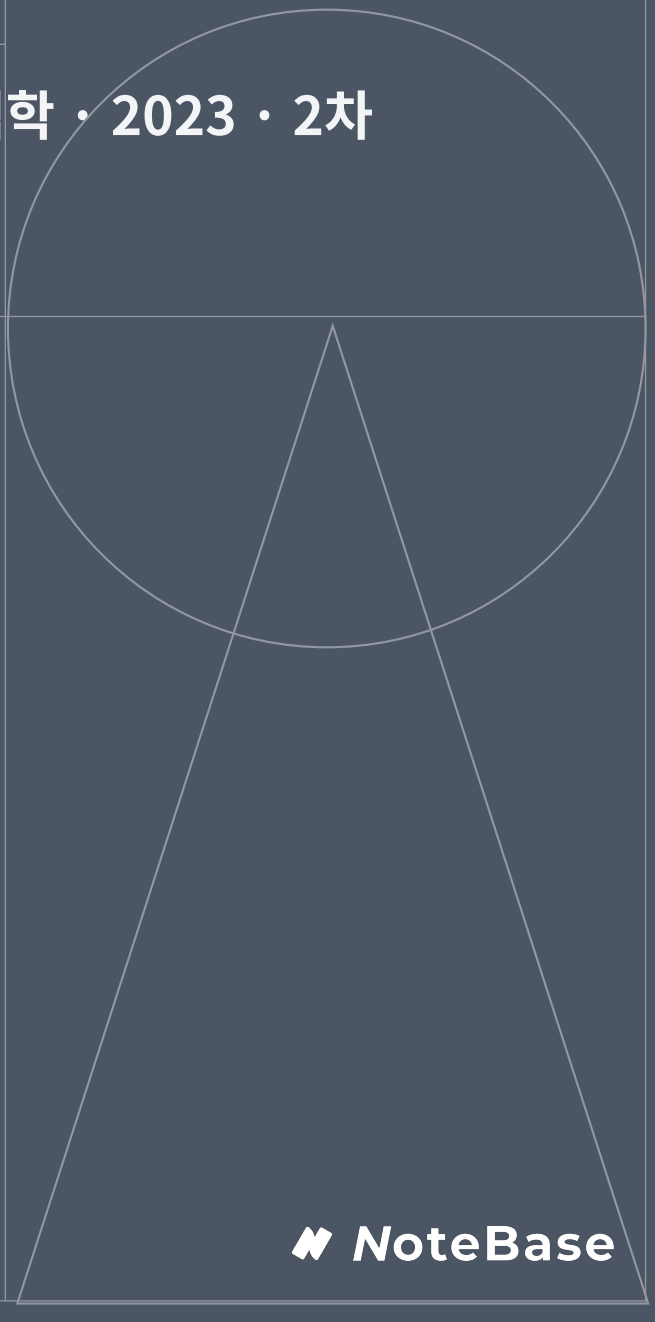
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2023 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2023 · 2차

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2023 · 2차

문 1. 현장다짐 후 모래치환법에 의한 들밀도시험을 수행한 결과, 파낸 시험 구멍의 체적이 $1{,}000\text{cm}^3$이고, 파낸 흙의 건조 무게가 17N이다. 실내 표준다짐 시 최대 건조단위중량이 20kN/m^3일 때, 이 현장의 다짐도[%]는?

① 80

② 85

③ 90

④ 95

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 현장 건조단위중량을 구한 뒤 최대 건조단위중량으로 나누어 다짐도 $D_c = \gamma_{d(field)}/\gamma_{d(max)} \times 100$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 파낸 구멍의 체적: $1{,}000cm^3 = 0.001m^3$
- 파낸 흙의 건조 무게: $17N = 0.017kN$
- 실내 표준다짐 시 최대 건조단위중량: $20kN/m^3$

구해야 할 값:
- 현장 다짐도 %

주의할 조건:
- 문제에서 준 무게가 이미 건조 무게이므로 바로 건조단위중량을 구하면 된다.

사용할 공식

현장 건조단위중량은 $\gamma_{d(field)} = W_d/V$이다.
다짐도는 $D_c = \gamma_{d(field)}/\gamma_{d(max)} \times 100$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
- 다짐도는 현장 건조단위중량이 최대 건조단위중량의 몇 퍼센트인지를 나타내는 값이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 현장 건조단위중량을 구한다.
$\gamma_{d(field)} = \frac{W_d}{V} = \frac{0.017kN}{0.001m^3} = 17kN/m^3$
2. 다짐도를 구한다.
$D_c = \frac{\gamma_{d(field)}}{\gamma_{d(max)}} \times 100 = \frac{17}{20} \times 100 = 85\%$
3. 계산 결과는 85%이므로 정답은 2번이다.

선지별 해설

① X
- 80%는 17/20이 아니라 16/20에 해당하는 값이다. 이 문항의 현장 건조단위중량은 $17kN/m^3$이므로 80%가 될 수 없다.
- 틀린 표현은 80%이다. 올바르게는 85%이다.

② O
- 현장 건조단위중량이 $17kN/m^3$, 최대 건조단위중량이 $20kN/m^3$이므로 다짐도는 85%이다.
- 계산 결과와 일치하므로 옳다.

③ X
- 90%는 18/20에 해당하는 값이다. 이 값은 현장 건조단위중량을 $18kN/m^3$로 잘못 잡았을 때 나오는 수치이다.
- 틀린 표현은 90%이다. 올바르게는 85%이다.

④ X
- 95%는 19/20에 해당하는 값이다. 주어진 건조 무게와 체적으로 계산한 현장 건조단위중량은 $19kN/m^3$가 아니라 $17kN/m^3$이다.
- 틀린 표현은 95%이다. 올바르게는 85%이다.

오답 포인트

체적 $1{,}000cm^3$를 $0.001m^3$로 바꾸지 않거나, 건조 무게가 이미 주어졌는데 다시 함수비 보정을 하려는 경우 오답이 나온다. 이 문항은 복잡한 공식보다 건조단위중량과 다짐도의 정의를 정확히 적용하는지가 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

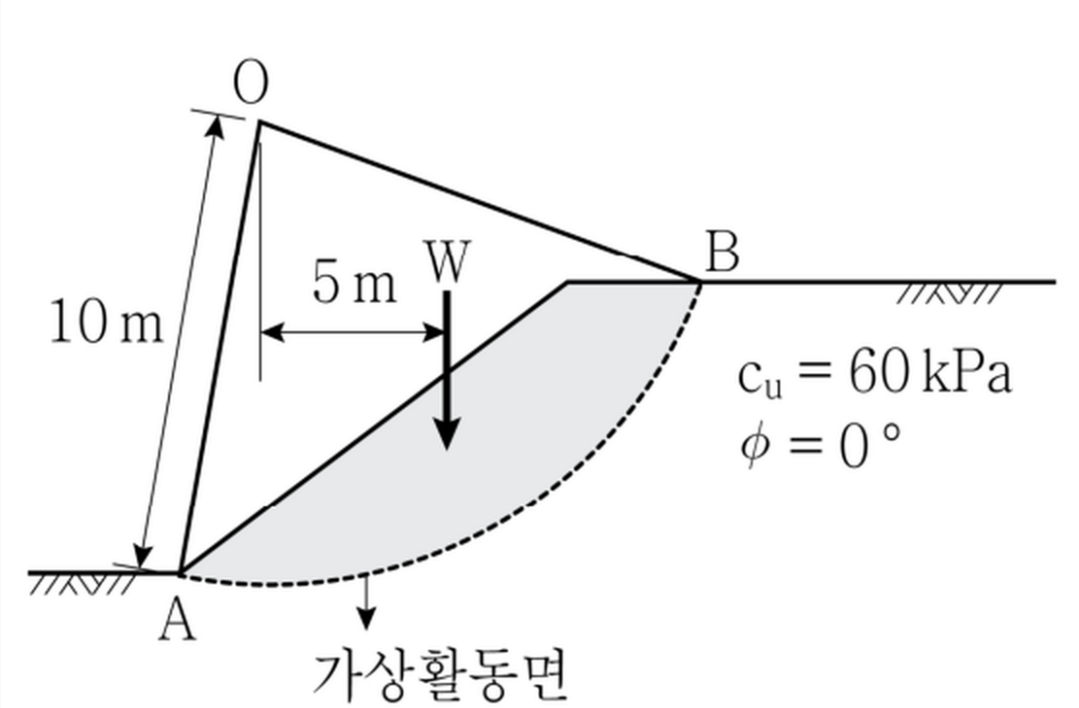
계산형 다짐도 문제는 먼저 건조 무게와 체적으로 현장 건조단위중량을 구하고, 그다음 최대 건조단위중량으로 나누어 백분율로 바꾸는 순서로 판단한다. 무게가 이미 건조 무게인지부터 확인하면 실수를 줄일 수 있다.

암기 포인트

다짐도는 $D_c = \gamma_{d(field)}/\gamma_{d(max)} \times 100$이다.

NoteBase

문 2. 그림과 같은 사면의 가상활동면에 대한 안전율은? (단, 가상활동이 발생하는 토체의 단위 폭당 무게 W는 1,100kN/m이고, 가상활동면 원호 AB의 길이는 11m이다)



① 1.0

② 1.2

③ 1.4

④ 1.6

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 $\phi = 0$ 점토사면의 원호활동에 대해 모멘트 평형으로 안전율을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 점착력 $c_u = 60kPa = 60kN/m^2$, 원호 AB 길이 $L = 11m$, 반지름 $OA = 10m$, 토체의 단위 폭당 무게 $W = 1{,}100kN/m$, 중력의 모멘트 팔길이 $x = 5m$이다.
구해야 할 값: 가상활동면에 대한 안전율 F_s이다.
주의할 조건: $\phi = 0$ 사면이므로 저항은 활동면의 점착력에 의한 전단저항만 고려하고, 안전율은 저항모멘트와 활동모멘트의 비로 구한다.

NoteBase

사용할 공식

안전율은 F_s=저항모멘트활동모멘트=(c_u · L · R)/(W · x) 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 원호활동면의 $\phi = 0$ 해석에서 활동면을 따라 작용하는 전단저항력은 $c_u \cdot L$이고, 이것이 반지름 R에 대해 저항모멘트를 만들기 때문이다. 반대로 토체의 자중 W는 중심 O로부터 수평거리 x만큼 떨어져 활동모멘트를 만든다.

계산 과정

1. 활동면을 따라 작용하는 전단저항력은 $c_u \cdot L = 60kN/m^2 \times 11m \times 1m = 660kN$이다.
2. 저항모멘트는 $660kN \times 10m = 6{,}600kN \cdot m$이다.
3. 활동모멘트는 $1{,}100kN/m \times 5m = 5{,}500kN \cdot m$이다.
4. 따라서 안전율은 $F_s = \frac{6{,}600}{5{,}500} = 1.2$ 이다.

선지별 해설

① X: 안전율이 1.0이라는 값은 틀렸다. 주어진 c_u, 원호 길이, 반지름, 자중 모멘트 팔길이를 그대로 대입하면 $F_s = 1.2$가 된다. 올바르게는 안전율이 1.2이다.
② O: 계산 결과 안전율은 1.2이다. 저항모멘트 $6{,}600kN \cdot m$을 활동모멘트 $5{,}500kN \cdot m$으로 나누면 정확히 1.2가 된다.
③ X: 안전율이 1.4라는 값은 틀렸다. 이 값이 나오려면 활동모멘트를 실제보다 작게 잡거나 저항모멘트를 실제보다 크게 잡아야 하는데, 도면의 $x = 5m$, $R = 10m$, $L = 11m$ 조건과 맞지 않는다. 올바르게는 안전율이 1.2이다.
④ X: 안전율이 1.6이라는 값은 틀렸다. 이는 점착저항이나 반지름을 과대평가한 경우에 가까운 값이며, 문제의 주어진 수치로는 도출되지 않는다. 올바르게는 안전율이 1.2이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $\phi = 0$ 조건을 보고도 활동면 길이 L과 반지름 R, 자중의 모멘트 팔길이 x를 분리하지 않고 막연히 힘의 비만 비교하는 데 있다. 특히 c_u는 kN/m^2이므로 활동면 길이와 단위 폭을 곱해 힘으로 바꾼 뒤, 다시 반지름을 곱해 모멘트로 만들어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

$\phi = 0$ 원호활동 문제는 먼저 저항모멘트 $c_u \cdot L \cdot R$와 활동모멘트 $W \cdot x$를 따로 잡은 뒤 둘의 비를 계산하면 된다. 힘과 모멘트를 섞지 않고 단계별로 단위를 확인하면 오답을 줄일 수 있다.

암기 포인트

$\phi = 0$ 원호사면 안전율은 저항모멘트 대 활동모멘트, 즉 $F_s = \frac{c_u LR}{Wx}$이다.

NoteBase

문 3. 단면적 20cm^2, 높이 20cm의 시료를 이용하여 100cm 수두차를 유지하면서 투수 시험을 수행하였다. 1분 동안에 유출된 물의 양이 600cm^3일 때, 시료의 투수계수 [cm/sec]는?

① 0.001

② 0.01

③ 0.1

④ 1

정답 3번

출제 포인트

정수위 투수시험에서 Darcy 법칙 $q = kiA$와 수리경사 $i = h/L$를 적용해 투수계수 k를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 단면적 $A = 20cm^2$
- 시료 높이 $L = 20cm$
- 수두차 $h = 100cm$
- 1분 유출량 $Q = 600cm^3$

구해야 할 값:
- 투수계수 $k[cm/sec]$

주의할 조건:
- 유출량은 초당 유량으로 바꿔야 한다.

사용할 공식

$q = kiA, \qquad i = \frac{h}{L}$

이 공식을 쓰는 이유:
정수위 투수시험은 일정한 수두차를 유지한 상태의 유량으로 투수계수를 구하므로 Darcy 법칙을 그대로 적용한다.

계산 과정

1. 1분 유출량을 초당 유량으로 바꾸면 $q = 600/60 = 10cm^3/sec$이다.
2. 수리경사는 $i = h/L = 100/20 = 5$이다.
3. Darcy 법칙에서 $k = q/(iA)$이므로

$k = \frac{10}{5 \times 20} = 0.1cm/sec$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 계산 결과는 $0.1cm/sec$이므로 0.001은 틀리다.
- 틀린 표현은 "투수계수는 $0.001cm/sec$이다"이고, 올바르게는 "투수계수는 $0.1cm/sec$이다"이다.
- 이 값은 초당 유량 환산을 과도하게 줄여 q를 실제보다 매우 작게 잡을 때 나오는 오답이다.

② X
- 계산 결과는 $0.1cm/sec$이므로 0.01은 틀리다.
- 틀린 표현은 "투수계수는 $0.01cm/sec$이다"이고, 올바르게는 "투수계수는 $0.1cm/sec$이다"이다.
- 이 값은 1분 유출량 $600cm^3$를 $60cm^3$처럼 잘못 읽거나 초당 유량을 $1cm^3/sec$로 잘못 환산할 때 생기는 오답이다.

③ O
- $q = 10cm^3/sec$, $i = 5$, $A = 20cm^2$를 대입하면 $k = 0.1cm/sec$가 되어 옳다.
- 정수위 투수시험에서는 유량, 수리경사, 단면적을 이용해 바로 투수계수를 계산한다.

④ X
- 계산 결과는 $0.1cm/sec$이므로 1은 틀리다.
- 틀린 표현은 "투수계수는 $1cm/sec$이다"이고, 올바르게는 "투수계수는 $0.1cm/sec$이다"이다.
- 이 값은 수리경사나 단면적 적용을 빠뜨려 정답보다 크게 계산할 때 생기는 오답이다.

오답 포인트

유출량 $600cm^3/min$을 $10cm^3/sec$로 바꾸는 단계와 수리경사 $i = 100/20 = 5$를 구하는 단계를 하나라도 빠뜨리면 오답이 된다. 특히 수두차와 시료 높이의 비를 뒤섞거나, 분당 유량을 초당 유량으로 바꾸지 않으면 값의 자릿수가 크게 어긋난다.

다시 나오면 이렇게 판단

정수위 투수시험 문제는 먼저 유량을 시간 단위에 맞게 환산하고, 다음에 $i = h/L$를 계산한 뒤, 마지막에 $k = q/(iA)$를 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

정수위 투수시험은 $q = kiA$, 수리경사는 h/L, 투수계수는 $q/(iA)$이다.

NoteBase

문 4. 지표면에 $2m \times 2m$ 크기의 정사각형 기초에 등분포하중 $400kPa$이 작용할 때, 기초 중심 아래 $2m$ 깊이에서의 연직응력 증가량[kPa]은? (단, 2:1 근사법을 사용한다)

① 100

② 150

③ 200

④ 250

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 2 : 1 근사법으로 깊이 z에서 하중이 퍼진 면적을 구해 연직응력 증가량 $\Delta\sigma_z$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 기초 크기 $2m \times 2m$, 등분포하중 $q = 400kPa$, 깊이 $z = 2m$이다.
구해야 할 값: 기초 중심 바로 아래 $2m$ 지점의 연직응력 증가량이다.
주의할 조건: 2 : 1 근사법에서는 깊이 z에서 분산 면적이 $(B + z)(L + z)$가 된다.

사용할 공식

사용할 공식은 $\Delta\sigma_z = q \times \frac{BL}{(B+z)(L+z)}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 2 : 1 근사법에서 총하중은 그대로 유지되고, 깊이 z로 내려가면서 하중이 더 큰 면적에 분포한다고 보기 때문이다.

계산 과정

1. 기초에 작용하는 총하중은 $Q = qBL = 400 \times 2 \times 2 = 1600kN$이다.
2. 깊이 $2m$에서의 분산 면적은 $(2 + 2)(2 + 2) = 4 \times 4 = 16m^2$이다.
3. 따라서 연직응력 증가량은 $\Delta\sigma_z = \frac{1600}{16} = 100kPa$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 $100kPa$이므로 맞는 선지이다.

② X
- 틀린 표현은 숫자 $150kPa$이다. 올바르게는 $100kPa$이다.
- 2 : 1 근사법의 분산 면적 $16m^2$를 정확히 적용하지 않으면 나올 수 있는 오답이다.

③ X
- 틀린 표현은 숫자 $200kPa$이다. 올바르게는 $100kPa$이다.
- $200kPa$는 한 방향으로만 하중이 퍼진다고 보고 면적을 $8m^2$처럼 잘못 잡을 때 생기는 값이지만, 실제로는 두 방향 모두 퍼져 $16m^2$가 된다.

④ X
- 틀린 표현은 숫자 $250kPa$이다. 올바르게는 $100kPa$이다.
- 분산 면적을 원기초 면적에 가깝게 과소평가한 오답이며, 깊이 $2m$에서는 면적이 $4m \times 4m$로 커진다.

계산 결과는 $100kPa$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 2 : 1 근사법에서 깊이 z만큼 내려가면 각 변이 전체적으로 z만큼 커진다는 점을 놓치는 데 있다. 분산 면적을 원기초 면적에 가깝게 잡거나 한 방향만 퍼진다고 보면 150, 200, $250kPa$ 같은 오답으로 흐르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

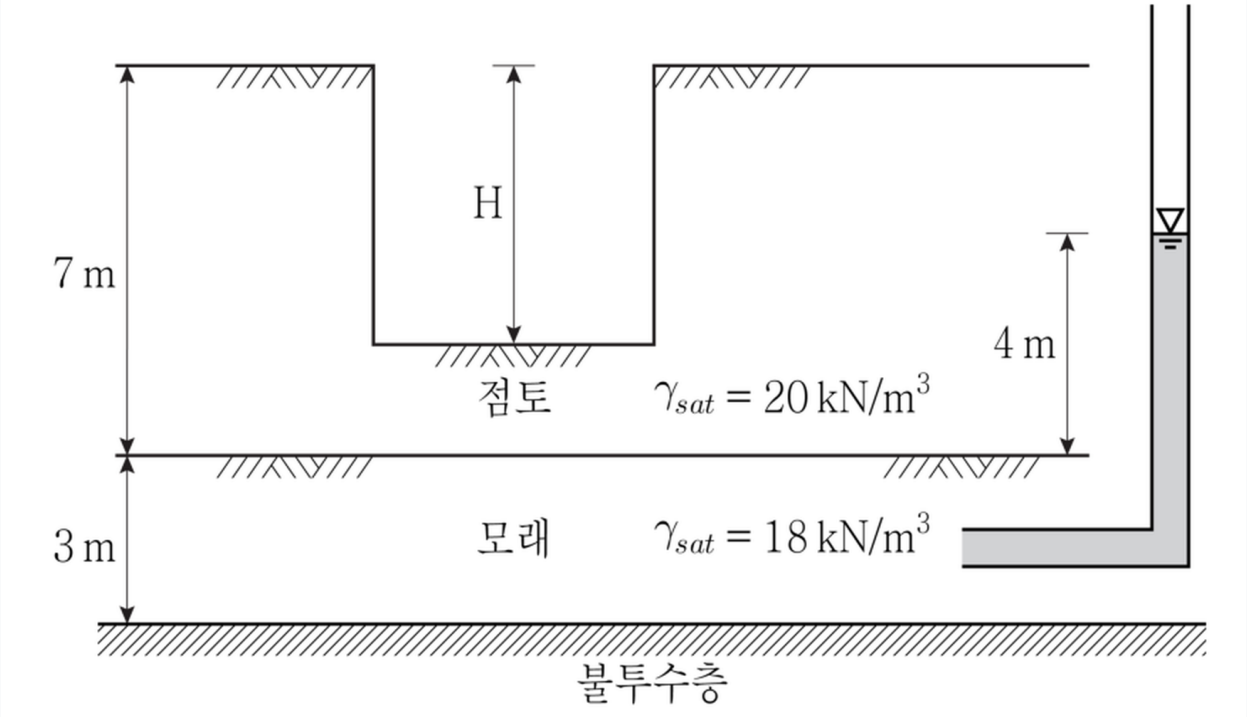
계산형 문제는 주어진 하중 q, 기초 크기 B, L, 깊이 z를 먼저 정리한 뒤 $(B + z)(L + z)$로 분산 면적을 구하고, 마지막에 qBL 또는 직접식으로 응력을 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

2 : 1 근사법은 깊이 z에서 각 변이 z만큼 커져 분산 면적이 $(B + z)(L + z)$가 된다고 기억하면 된다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 두께 7 m의 단단한 포화점토층 아래 두께 3 m의 모래층이 피압상태에 있다. 점토층에서 히빙(Heaving)현상이 발생하지 않는 최대 굴착 깊이[m]는? (단, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$이다)



① 3

② 5

③ 7

④ 9

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 피압수의 상향수압과 남아 있는 포화점토의 전응력을 비교하여 점토층의 히빙 한계 굴착깊이를 구하는 문제이다.

조건 정리

점토층 두께는 $7m$이다.
모래층의 피압수두는 점토-모래 경계면 기준 $4m$이다.
점토의 포화단위중량은 $20kN/m^3$이고, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$이다.
굴착깊이를 H라 두면 남는 점토 두께는 $7 - Hm$이다.

NoteBase

사용할 공식

히빙 직전에는 경계면의 유효연직응력이 0이 된다.
$\sigma'_v = \gamma_{sat}(7-H) - \gamma_w h$
여기서 $h = 4m$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 굴착 바닥이 대기와 접하므로 남은 점토 하부에서 상향수압이 점토의 전응력을 상쇄할 때 히빙이 시작되기 때문이다.

계산 과정

1. 모래층의 상향수압은 $u = \gamma_w h = 10 \times 4 = 40kN/m^2$이다.
2. 남은 점토의 전응력은 $\sigma_v = \gamma_{sat}(7-H) = 20(7-H)kN/m^2$이다.
3. 히빙 한계에서 $\sigma'_v = 0$이므로 $20(7-H) - 40 = 0$이다.
4. $7-H = 2$이므로 $H = 5m$이다.

선지 판단

1번(X): $3m$는 점토의 잠긴단위중량 $\gamma' = 20-10 = 10kN/m^3$을 저항응력에 잘못 적용하면 나오는 값이다. 이 문제의 히빙 판정은 굴착 바닥이 대기와 접한 상태에서 남은 점토의 전응력과 피압수압을 비교하므로 올바른 최대 굴착깊이는 $5m$이다.
2번(O): 한계조건 $20(7-H) = 40$을 적용하면 $H = 5m$가 된다. 따라서 히빙이 발생하지 않는 최대 굴착깊이는 $5m$이다.
3번(X): $7m$는 점토 전층을 모두 굴착하는 값인데, 이 경우 남는 점토 두께가 0이어서 피압수의 상향수압을 전혀 지지할 수 없다. 올바르게는 최소 $2m$의 점토가 남아야 하므로 최대 굴착깊이는 $5m$이다.
4번(X): $9m$는 애초에 점토층 두께 $7m$를 넘어 모래층까지 굴착하는 값이므로 문제의 조건 자체를 벗어난다. 올바른 최대 굴착깊이는 $5m$이다.

오답 포인트

이 문제에서 가장 흔한 실수는 저항응력에 점토의 잠긴단위중량을 넣는 것이다. 굴착 바닥은 대기와 접하므로 남은 점토층의 아래쪽에서 작용하는 피압수압과 위에서 누르는 점토의 전응력을 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

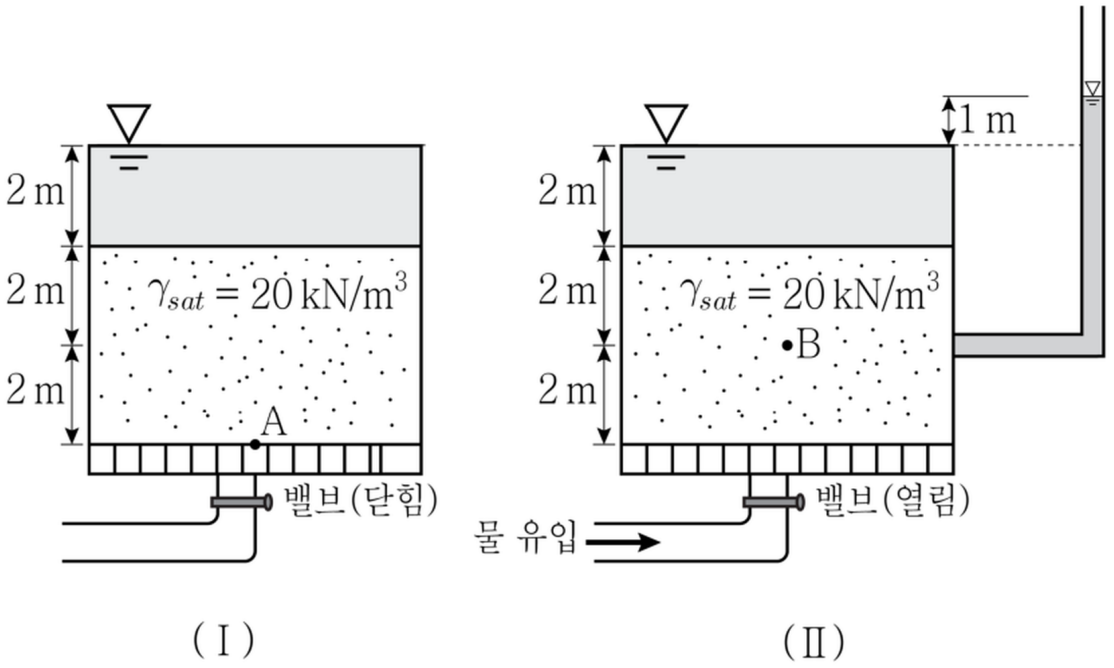
피압수에 의한 히빙 문제는 남는 점토 두께를 D로 두고 먼저 상향수압 $\gamma_w h$를 구한 뒤, 점토 저항응력을 어떤 단위중량으로 잡아야 하는지 경계조건부터 확인하면 된다. 굴착 바닥이 대기와 통하면 $\gamma_{sat}D$, 수중 자중 비교 상황이면 $\gamma' D$를 쓴다.

암기 포인트

피압수 히빙 한계는 경계면 유효응력 0이다. 굴착 바닥이 대기와 통하면 남은 점토 저항은 $\gamma_{sat}D$로 본다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 정수압 상태에서 물이 유입되는 밸브를 열었다. 밸브를 열기 전·후 바닥 A점과 중앙 B점에서 각각의 유효연직응력[kPa]은? (단, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$이고, 밸브가 열린 이후 수두차는 일정하다)



① A: 20, B: 10

② A: 20, B: 20

③ A: 40, B: 10

④ A: 40, B: 20

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 정수압 상태의 유효연직응력과, 피에조미터 수두가 주어진 침투 상태의 유효연직응력을 각각 구하는 문제이다.

조건 정리

- 상부 물층은 $2m$, 포화토층은 $4m$이다.
- $\gamma_w = 10kN/m^3$, $\gamma_{sat} = 20kN/m^3$이다.
- A점은 밸브를 열기 전 바닥점이다.
- B점은 밸브를 연 뒤 중앙점이며, 연결 관의 수면은 상부 자유수면보다 $1m$ 높다.

NoteBase

사용할 공식

$\sigma'_v = \sigma_v - u$

$u = \gamma_w h$

유효연직응력은 총연직응력에서 간극수압을 뺀 값이다. 총연직응력은 위에 놓인 물과 흙의 자중으로 구하고, 간극수압은 그 점에서 피에조미터 수면까지의 수두 h로 구한다.

계산 과정

1. A점의 총연직응력은 $\sigma_v = 2 \times 10 + 4 \times 20 = 100kPa$이다.
2. A점은 정수압 상태이므로 간극수압은 $u = 10 \times (2 + 4) = 60kPa$이다.
3. 따라서 A점의 유효연직응력은 $\sigma'_v = 100 - 60 = 40kPa$이다.
4. B점의 총연직응력은 위에 있는 $2m$ 물과 $2m$ 포화토 때문에 $\sigma_v = 2 \times 10 + 2 \times 20 = 60kPa$이다.
5. 우측 연결 관은 B점의 간극수압을 나타내며, B점에서 관 수면까지의 수두는 $2 + 2 + 1 = 5m$이다.
6. 따라서 B점의 간극수압은 $u = 10 \times 5 = 50kPa$이고, 유효연직응력은 $\sigma'_v = 60 - 50 = 10kPa$이다.

선지별 해설

① X

A점은 $20kPa$가 아니라 $40kPa$이다. 정수압 상태에서 A점의 유효연직응력은 $100 - 60 = 40kPa$이다.
틀린 표현 `A=20` → 올바르게는 `A=40`이다.

② X

A점은 $20kPa$가 아니라 $40kPa$이고, B점은 $20kPa$가 아니라 $10kPa$이다. B점을 $20kPa$로 본 값은 연결 관 수면이 자유수면보다 $1m$ 높은 조건을 빼먹고 정수압처럼 계산한 경우에 나온다.
틀린 표현 `A=20, B=20` → 올바르게는 `A=40, B=10`이다.

③ O

A점은 $40kPa$, B점은 $10kPa$이므로 계산 결과와 일치한다. 따라서 정답이다.

④ X

A점 $40kPa$는 맞지만 B점 $20kPa$는 틀리다. B점은 연결 관 수면이 자유수면보다 $1m$ 더 높아서 간극수압이 $50kPa$가 되므로 유효연직응력은 $10kPa$이다.
틀린 표현 `B=20` → 올바르게는 `B=10`이다.

오답 포인트

A점에서 바로 부유단위중량만 곱해 값을 찍거나, B점에서 연결 관의 수면이 자유수면보다 $1m$ 높다는 조건을 빼먹으면 오답이 된다. 특히 B점을 정수압 상태처럼 보아 $u = 40kPa$로 두면 $\sigma'_v = 20kPa$가 되어 ②, ④를 고르기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

유효응력 문제는 먼저 그 점까지의 총연직응력 σ_v를 상재하중으로 계산하고, 다음에 간극수압 u를 자유수면이나 피에조미터 수면 높이로 읽어 뺀다. 침투나 연결 관이 보이면 정수압으로 단순 처리하지 않고 수면 높이 차를 그대로 u 계산에 반영한다.

암기 포인트

유효응력은 $\sigma'_v = \sigma_v - u$이며, 피에조미터 수면이 올라갈수록 간극수압이 커져 유효응력은 작아진다.

NoteBase

문 7. 실내 압밀시험에서 포화된 점토의 단면적이 $30cm^2$이고, 초기 높이가 $2cm$인 점토에 연직응력 $100kPa$을 가하였을 때, 최종 압밀 침하량이 $0.4cm$이었다. 압밀이 완료된 후 점토의 간극비는? (단, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$이고, 점토의 비중은 2.5이고, 점토의 건조무게는 $0.75N$이다)

① 0.55

② 0.6

③ 0.65

④ 0.7

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 포화 점토의 고체체적을 먼저 구한 뒤, 압밀 후 전체체적에서 고체체적을 빼서 최종 간극비를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 단면적 $A = 30cm^2$
- 초기 높이 $H_0 = 2cm$
- 최종 침하량 $\Delta H = 0.4cm$
- 물의 단위중량 $\gamma_w = 10kN/m^3$
- 비중 $G_s = 2.5$
- 건조무게 $W_s = 0.75N$

구해야 할 값:
- 압밀 완료 후 간극비 e_f

주의할 조건:
- 실내 압밀시험에서는 단면적이 일정하므로 체적 변화는 높이 변화로 계산된다.
- 압밀 전후에 고체체적 V_s는 변하지 않는다.

사용할 공식

$V_s = \frac{W_s}{G_s \gamma_w}, \qquad e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V - V_s}{V_s}$

이 공식을 쓰는 이유:
건조무게와 비중이 주어졌으므로 고체체적 V_s를 먼저 구할 수 있고, 압밀 후 전체체적 V는 단면적과 최종 높이로 구할 수 있기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 초기 전체체적은 $V_0 = AH_0 = 30 \times 2 = 60cm^3$이다.
2. 최종 높이는 $H_f = 2 - 0.4 = 1.6cm$이므로 최종 전체체적은 $V_f = 30 \times 1.6 = 48cm^3$이다.
3. 고체의 단위중량은 $\gamma_s = G_s\gamma_w = 2.5 \times 10 = 25kN/m^3 = 25{,}000N/m^3$이다.
4. 고체체적은 $V_s = \frac{0.75}{25{,}000} = 0.00003m^3 = 30cm^3$ 이다.
5. 최종 간극체적은 $V_{v,f} = V_f - V_s = 48 - 30 = 18cm^3$이다.
6. 따라서 최종 간극비는 $e_f = \frac{18}{30} = 0.6$ 이다.

선지별 해설

① X
- 계산 결과 최종 간극비는 0.60이므로 0.55는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 '0.55'이고, 올바르게는 '0.60'이다.

② O
- 최종 전체체적 $48cm^3$, 고체체적 $30cm^3$, 최종 간극체적 $18cm^3$이므로 $e_f = 18/30 = 0.60$이다.
- 따라서 2번이 정답이다.

③ X
- 계산 결과와 비교하면 0.65는 실제 간극비보다 크다.
- 틀린 표현은 '0.65'이고, 올바르게는 '0.60'이다.

④ X
- 계산 결과 최종 간극비는 0.70이 아니라 0.60이다.
- 틀린 표현은 '0.7'이고, 올바르게는 '0.60'이다.

오답 포인트

침하량이 주어졌을 때 바로 간극비를 추정하면 오답이 된다. 먼저 건조무게로 고체체적 V_s를 구하고, 그다음 최종 전체체적 V_f에서 V_s를 빼서 간극체적을 구해야 한다는 순서를 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

압밀시험 간극비 문제는 단면적 일정 여부를 먼저 확인한 뒤, $H_f \rightarrow V_f \rightarrow V_s \rightarrow V_v \rightarrow e$ 순서로 계산하면 된다.

암기 포인트

압밀 후 간극비는 '최종 전체체적에서 고체체적을 뺀 뒤 고체체적으로 나눈 값'이다.

NoteBase

문 8. 통일분류법에 의해 200번 체 통과율이 5% 미만인 흙을 4번 체 통과율에 따라서 GW, GP, SW, SP로 분류할 수 있다. 체가름시험 결과가 다음과 같을 때, 이 흙을 통일분류법으로 분류하면?

200번 체 통과율 = 3%
4번 체 통과율 = 75%
$D_{10} = 0.2\text{mm}$
$D_{30} = 1\text{mm}$
$D_{60} = 2.5\text{mm}$

① GW
② GP
③ SW
④ SP

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 통일분류법에서 4번 체 기준으로 자갈·모래를 먼저 구분하고, 이어서 C_u, C_c로 조립토의 입도 분포를 판정하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 200번 체 통과율 3%, 4번 체 통과율 75%, $D_{10} = 0.2mm$, $D_{30} = 1mm$, $D_{60} = 2.5mm$이다.
200번 체 통과율이 5% 미만이므로 세립분이 거의 없는 깨끗한 조립토이다.
이 경우 먼저 4번 체를 기준으로 자갈(G)인지 모래(S)인지 정하고, 그다음 C_u, C_c로 W 또는 P를 판단한다.

사용할 공식

조립분 내 자갈 비율은 $\frac{100 - P_4}{100 - P_{200}}$, 조립분 내 모래 비율은 $\frac{P_4 - P_{200}}{100 - P_{200}}$이다.
입도 분포 판정식은 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$, $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 깨끗한 조립토는 우선 조립분의 주된 입경이 자갈인지 모래인지로 앞글자 G 또는 S를 정하고, 이어서 균등계수와 곡률계수로 W 또는 P를 결정하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 조립분은 $100 - 3 = 97\%$이다.
2. 자갈 비율은 $\frac{100-75}{97} = \frac{25}{97} \approx 25.8\%$이고, 모래 비율은 $\frac{75-3}{97} = \frac{72}{97} \approx 74.2\%$이다. 따라서 조립분의 대부분이 모래이므로 앞글자는 S이다.
3. $C_u = \frac{2.5}{0.2} = 12.5$이다.
4. $C_c = \frac{1^2}{0.2 \times 2.5} = \frac{1}{0.5} = 2$이다.
5. 모래의 well graded 조건은 일반적으로 $C_u \geq 6$, $1 \leq C_c \leq 3$이다. 여기서는 $C_u = 12.5$, $C_c = 2$이므로 well graded sand, 즉 SW이다.

선지별 해설

① X: GW는 자갈이 주된 조립분이고 well graded인 경우이다. 이 문제는 조립분 중 모래가 약 74.2%로 더 많으므로 앞글자가 G가 아니라 S가 된다. 틀린 표현은 'GW'이고, 올바르게는 'SW'이다.
② X: GP는 자갈이 주된 조립분이면서 poorly graded인 경우이다. 이 문제는 자갈이 주된 성분이 아니고, $C_u = 12.5$, $C_c = 2$로 입도 분포도 well graded 조건을 만족한다. 틀린 표현은 'GP'이고, 올바르게는 'SW'이다.
③ O: 조립분의 대부분이 모래이므로 S이고, $C_u = 12.5 \geq 6$, $1 \leq C_c = 2 \leq 3$이므로 W가 붙는다. 따라서 SW가 맞다.
④ X: SP는 모래가 주된 조립분이지만 poorly graded인 경우이다. 이 문제는 모래라는 점은 맞지만 C_u와 C_c가 well graded 조건을 만족하므로 P가 아니라 W가 붙는다. 틀린 표현은 'SP'이고, 올바르게는 'SW'이다.

오답 포인트

4번 체 통과율 75%만 보고 바로 모래라고 끝내면 SW와 SP를 구분하지 못한다. 반대로 4번 체 잔류분 25%만 보고 자갈로 오해하면 GW나 GP로 잘못 간다. 이 문제의 함정은 자갈·모래 판정과 well graded·poorly graded 판정을 한 단계씩 분리하지 않으면 선택지가 모두 그럴듯해 보인다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

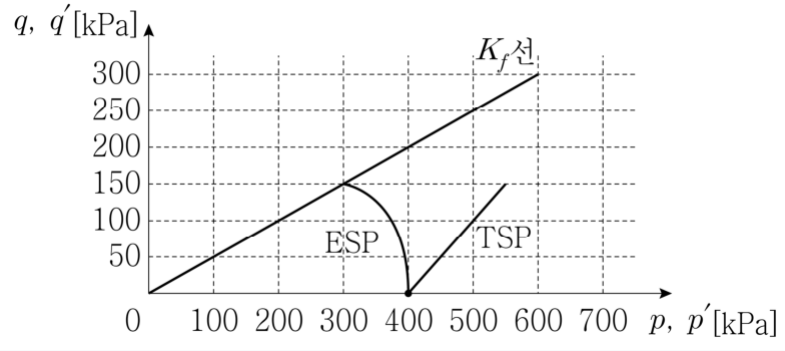
통일분류법의 깨끗한 조립토 문제는 200번 체 통과율로 조립토 여부를 확인한 뒤, 4번 체 기준으로 G 또는 S를 정하고, 마지막에 C_u, C_c로 W 또는 P를 붙이는 순서로 판단한다.

암기 포인트

깨끗한 조립토는 '4번 체로 G/S 결정, C_u와 C_c로 W/P 결정'의 두 단계로 분류한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 압밀비배수시험 결과로 전응력경로(TSP)와 유효응력경로(ESP)를 얻었을 때, 시료의 파괴 시 간극수압[kPa]과 유효내부마찰각[°]은? (단, $p=\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}$, $p'=\frac{\sigma_1'+\sigma_3'}{2}$, $q=\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$, $q'=\frac{\sigma_1'-\sigma_3'}{2}$이다)



① 간극수압: 250, 유효내부마찰각: 30

② 간극수압: 300, 유효내부마찰각: 45

③ 간극수압: 250, 유효내부마찰각: 45

④ 간극수압: 300, 유효내부마찰각: 30

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 압밀비배수 삼축시험의 TSP와 ESP에서 파괴점의 $q=q'$ 관계와 K_f선의 기울기를 이용해 간극수압과 유효내부마찰각을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: ESP의 파괴점은 K_f선과 만나는 점으로 보이며 좌표는 $p'_f=300kPa$, $q'_f=150kPa$이다.
구해야 할 값: 파괴 시 간극수압 u_f와 유효내부마찰각 ϕ'이다.
주의할 조건: 포화토의 간극수압은 전응력과 유효응력의 평균응력 차이이므로 $u=p-p'$로 읽고, 편차응력은 $q=q'$로 본다.

사용할 공식

$u_f=p_f-p'_f$
$q_f=q'_f$
$q_f=p'_f\sin\phi'\quad(c'=0)$
이 공식을 쓰는 이유: 그림의 K_f선이 원점을 지나므로 유효점착력 $c'=0$인 파괴선으로 해석할 수 있고, 같은 파괴점에서 전응력경로와 유효응력경로의 편차응력은 동일하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. ESP의 파괴점은 K_f선과 만나는 $(p'_f, q'_f) = (300, 150)$이다.
2. 파괴 시 $q_f = q'_f = 150kPa$이므로 TSP에서 $q = 150kPa$인 점을 찾으면 $p_f = 550kPa$이다.
3. 따라서 간극수압은 $u_f = p_f - p'_f = 550 - 300 = 250kPa$이다.
4. 또 K_f선의 기울기에서 $\sin\phi' = q'_f/p'_f = 150/300 = 0.5$이므로 $\phi' = 30^\circ$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과 간극수압은 $250kPa$, 유효내부마찰각은 30°이므로 옳다.
② X: 간극수압을 $300kPa$로 보면 TSP의 파괴점 평균응력 p_f를 잘못 읽은 것이다. 올바르게는 $q = 150kPa$일 때 $p_f = 550kPa$이므로 $u_f = 250kPa$이다. 유효내부마찰각 45°도 틀리며, 올바르게는 $\sin\phi' = 150/300 = 0.5$이므로 30°이다.
③ X: 간극수압 $250kPa$는 맞지만 유효내부마찰각 45°가 틀리다. 올바르게는 K_f선의 비를 $\tan\phi'$로 보면 안 되고 $\sin\phi' = q/p'$로 해석해야 하므로 $\phi' = 30^\circ$이다.
④ X: 유효내부마찰각 30°는 맞지만 간극수압 $300kPa$가 틀리다. 올바르게는 TSP의 파괴점 평균응력 $550kPa$와 ESP의 파괴점 평균응력 $300kPa$의 차이이므로 $250kPa$이다.

오답 포인트

ESP의 파괴점을 읽은 뒤 같은 높이의 $q = q'$를 TSP로 옮기지 않으면 간극수압을 잘못 계산하기 쉽다. 또 K_f선의 기울기를 $\tan\phi'$로 오해하면 45°가 나오므로, 이 문제에서는 $q = p'\sin\phi'$ 관계를 써야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

삼축시험 경로 문제는 먼저 ESP의 파괴점을 읽고, 같은 파괴점의 $q = q'$를 TSP에 옮겨 $u = p - p'$를 구한 뒤, 원점을 지나는 K_f선에서는 $\sin\phi' = q/p'$를 적용해 판단한다.

암기 포인트

포화 CU 삼축시험에서는 파괴 시 $q = q'$, 간극수압은 $u = p - p'$, 원점 통과 K_f선은 $q = p'\sin\phi'$로 정리된다.

NoteBase

문 10. 흙 입자 비중이 2.6, 함수비가 10%, 간극률이 50%인 흙을 완전포화시키고자 한다. $10m^3$의 완전포화된 흙을 얻기 위해 필요한 물의 무게[kN]는? (단, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$이다)

① 20

② 27

③ 30

④ 37

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 간극률로 공극체적을 구하고, 함수비 $w = W_w/W_s$로 현재 물의 무게를 구한 뒤, 포화에 필요한 물의 무게와의 차이를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 흙 입자 비중 $G_s = 2.6$, 함수비 $w = 0.10$, 간극률 $n = 0.50$, 전체 체적 $V = 10m^3$, 물의 단위중량 $\gamma_w = 10kN/m^3$이다.
구해야 할 값은 완전포화 상태가 되기 위해 추가로 필요한 물의 무게이다.
간극률이 50%이므로 공극체적과 고체체적은 각각 전체 체적의 절반이다.

사용할 공식

사용 공식은 다음과 같다.
$V_v = nV, \quad V_s = V - V_v$
$W_s = G_s\gamma_w V_s, \quad W_w = wW_s$
$W_{w,sat} = \gamma_w V_v, \quad W_{add} = W_{w,sat} - W_w$
이 공식을 쓰는 이유는 포화상태에서는 공극 전체가 물로 차야 하므로 필요한 최종 물의 무게가 $\gamma_w V_v$로 정해지고, 문제에서 이미 함수비 10%인 초기 물이 들어 있으므로 그 양을 빼야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 공극체적은 $V_v = nV = 0.5 \times 10 = 5m^3$이다.
2. 고체체적은 $V_s = 10 - 5 = 5m^3$이다.
3. 흙 입자의 무게는 $W_s = G_s\gamma_w V_s = 2.6 \times 10 \times 5 = 130kN$이다.
4. 현재 물의 무게는 함수비 정의로 $W_w = wW_s = 0.10 \times 130 = 13kN$이다.
5. 완전포화에 필요한 물의 총무게는 $W_{w,sat} = \gamma_w V_v = 10 \times 5 = 50kN$이다.
6. 추가로 필요한 물의 무게는 $W_{add} = 50 - 13 = 37kN$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
20\,kN을 더하면 최종 물의 무게가 $13 + 20 = 33kN$이 되어 포화에 필요한 $50kN$에 못 미친다. 20\,kN이라는 값이 틀렸고, 올바른 추가 물의 무게는 $37kN$이다.

② X
27\,kN을 더하면 최종 물의 무게가 $13 + 27 = 40kN$이어서 공극 $5m^3$를 모두 채울 수 없다. 27\,kN이라는 값이 틀렸고, 올바른 값은 $37kN$이다.

③ X
30\,kN을 더하면 최종 물의 무게가 $43kN$으로 계산되어 역시 포화조건 $50kN$을 만족하지 못한다.
30\,kN이라는 값이 틀렸고, 올바른 값은 $37kN$이다.

④ O
포화 시 필요한 물의 총무게는 $50kN$, 현재 들어 있는 물의 무게는 $13kN$이므로 추가량은 $50 - 13 = 37kN$이다. 따라서 ④가 옳다.

오답 포인트

간극률은 체적비이고 함수비는 무게비라는 점이 핵심 함정이다. 공극체적 $5m^3$에서 포화 시 필요한 물의 총무게 $50kN$을 먼저 구한 다음, 이미 들어 있는 물 $13kN$을 빼야 하는데 이 순서를 놓치면 오답으로 흐른다.

다시 나오면 이렇게 판단

포화 추가수량 문제는 전체 체적에서 공극체적과 고체체적을 먼저 나눈다. 그다음 비중으로 흙입자 무게를 구하고, 함수비로 현재 물의 무게를 구한 뒤, 포화에 필요한 총 물의 무게에서 현재 물을 빼는 순서로 판단한다.

암기 포인트

포화 추가수량은 $W_{add} = \gamma_w V_v - wW_s$이고, 여기서 $W_s = G_s \gamma_w V_s$이다.

NoteBase

문 11. 포화된 점토층 지표면에 무한대의 등분포 상재하중 50kPa을 가하였다. 6개월 후 점토층 중앙에 피에조미터를 이용하여 측정된 수두가 지표면으로부터 2m일 때, 점토층 중앙에서 소산된 과잉간극수압[kPa]과 압밀도[%]는? (단, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$이다)

① 소산된 과잉간극수압: 20, 압밀도: 40

② 소산된 과잉간극수압: 30, 압밀도: 40

③ 소산된 과잉간극수압: 20, 압밀도: 60

④ 소산된 과잉간극수압: 30, 압밀도: 60

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 피에조미터 수두로 점토층 중앙의 남아 있는 과잉간극수압을 구한 뒤, 초기 과잉간극수압과 비교해 소산량과 압밀도를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 무한 등분포 상재하중 $50kPa$, 피에조미터 수두 $2m$, 물의 단위중량 $10kN/m^3$이다.
구해야 할 값: 점토층 중앙에서 소산된 과잉간극수압과 압밀도이다.
주의할 조건: 수두 $2m$는 남아 있는 과잉간극수압 수두이므로 먼저 잔류 과잉간극수압을 구한 뒤 소산량을 계산한다.

사용할 공식

$u_e = \gamma_w h$
$u_{\text{diss}} = \Delta\sigma - u_e$
$U = \frac{u_{\text{diss}}}{\Delta\sigma} \times 100$
이 공식을 쓰는 이유: 무한 등분포 상재하중을 가한 직후 점토층 중앙의 초기 과잉간극수압은 가해진 하중 증가분 $\Delta\sigma = 50kPa$와 같고, 피에조미터 수두는 현재 남아 있는 과잉간극수압을 나타내기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 남아 있는 과잉간극수압은
$u_e = \gamma_w h = 10 \times 2 = 20kPa$
이다.
2. 소산된 과잉간극수압은
$u_{\text{diss}} = 50 - 20 = 30kPa$
이다.
3. 압밀도는
$U = \frac{30}{50} \times 100 = 60\%$
이다.

선지별 해설

① X: $20kPa$는 소산된 값이 아니라 아직 남아 있는 과잉간극수압이다. 틀린 표현은 '소산된 과잉간극수압 $20kPa$'이며, 올바르게는 소산량이 $30kPa$, 압밀도는 60%이다.
② X: 소산된 과잉간극수압 $30kPa$는 맞지만, 압밀도는 $\frac{30}{50} \times 100 = 60\%$이므로 40%가 아니다. 틀린 표현은 '압밀도 40%'이며, 올바르게는 60%이다.
③ X: 압밀도 60%라면 소산된 과잉간극수압은 반드시 $30kPa$이어야 한다. 틀린 표현은 '소산된 과잉간극수압 $20kPa$'이며, 올바르게는 $30kPa$이다.
④ O: 남아 있는 과잉간극수압이 $20kPa$이므로 소산량은 $30kPa$, 압밀도는 60%가 된다.

오답 포인트

피에조미터 수두 $2m$를 바로 소산량으로 읽으면 ①, ③처럼 틀리게 된다. 이 수두는 현재 남아 있는 과잉간극수압에 해당하므로 먼저 $20kPa$를 구하고, 그다음 $50 - 20$으로 소산량을 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

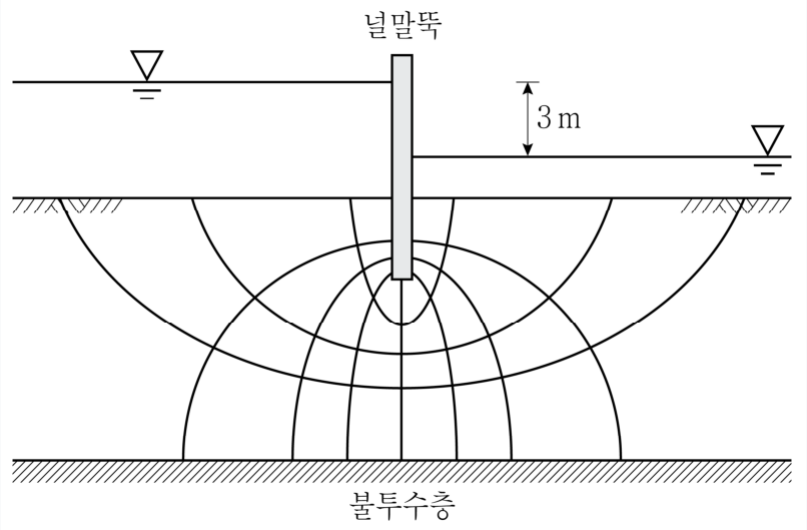
압밀 계산형 문항은 현재 수두로 잔류 과잉간극수압을 계산하고, 초기 과잉간극수압과의 차로 소산량을 구한 뒤, 소산량을 초기값으로 나누어 압밀도를 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

피에조미터 수두는 남아 있는 과잉간극수압, 압밀도는 소산된 과잉간극수압의 비율이다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 유선망이 주어졌을 때, 단위 폭당 침투유량[$m^3/sec/m$]은? (단, 흙의 투수계수는 $6 \times 10^{-6} m/sec$이다)



① 1.8×10^{-6}

② 9.0×10^{-6}

③ 1.8×10^{-5}

④ 9.0×10^{-5}

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 유선망에서 흐름통로 수 N_f와 등수두강하 수 N_d를 읽어 단위 폭당 침투유량 q를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 투수계수 $k = 6 \times 10^{-6} m/s$, 수두차 $H = 3m$

구해야 할 값: 단위 폭당 침투유량 q $m^3/s/m$

주의할 조건: 유선망에서 흐름통로 수와 등수두강하 수를 각각 세어 N_f/N_d를 곱해야 한다.

사용할 공식

유선망의 단위 폭당 침투유량은 $q = kH\frac{N_f}{N_d}$이다.

이 공식을 쓰는 이유: 그림은 널말뚝 하부 침투에 대한 유선망이므로 전체 수두차와 유선망 비를 이용해 침투유량을 구할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 그림의 유선망에서 흐름통로 수는 $N_f = 3$, 등수두강하 수는 $N_d = 6$으로 읽는다.
2. 따라서 $N_f/N_d = 3/6 = 1/2$이다.
3. 이를 공식에 대입하면 $q = 6 \times 10^{-6} \times 3 \times \frac{3}{6} = 9.0 \times 10^{-6} (m^3/s/m)$이 된다.

선지별 해설

① X

- 1.8×10^{-6}은 정답값보다 5배 작다. 유선망의 흐름통로 수를 너무 적게 세거나 등수두강하 수를 과대 계수한 값이다. 올바르게는 9.0×10^{-6}이다.

② O

- 유선망에서 $N_f = 3$, $N_d = 6$을 읽어 $q = kH(N_f/N_d)$를 적용하면 $9.0 \times 10^{-6} (m^3/s/m)$가 되므로 옳다.

③ X

- 1.8×10^{-5}은 $kH = 6 \times 10^{-6} \times 3$만 계산한 값으로, 유선망 비 $N_f/N_d = 1/2$를 빠뜨린 수치이다. 올바르게는 9.0×10^{-6}이다.

④ X

- 9.0×10^{-5}은 정답값보다 10배 크므로 그림의 유선망 비 $N_f/N_d = 1/2$와 맞지 않는다. 유선 수와 등수두강하 수를 잘못 읽어 과대평가한 값이며, 올바르게는 9.0×10^{-6}이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 곡선 개수를 그대로 세는 것이 아니라 흐름통로 수와 등수두강하 수를 구분해 세어야 한다는 점이다. 특히 ③처럼 kH까지만 계산하고 N_f/N_d를 누락하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

유선망 침투량 문제는 먼저 전체 수두차 H를 확인하고, 다음으로 N_f와 N_d를 센 뒤, 마지막에 $q = kH(N_f/N_d)$로 단위까지 검산하면 된다.

암기 포인트

유선망 침투량은 $q = kH(N_f/N_d)$이고, 정답이 kH보다 작으면 $N_f < N_d$인지를 먼저 확인하면 된다.

NoteBase

문 13. 모래의 전단강도에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 모래 입자 사이의 얽물림 효과(Interlocking effect)는 전단강도를 증가시킨다.

② 모가 난 입자(Angular particle)의 모래는 둥근 입자(Rounded particle)의 모래보다 전단강도가 크다.

③ 모래 입자 표면의 거칠기(Roughness)가 클수록 전단강도는 크다.

④ 구속응력 크기에 상관없이 전단강도는 일정하다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 모래의 전단강도를 좌우하는 입자 형상, 표면 거칠기, 억물림, 구속응력의 영향을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

모래는 점착력이 거의 없는 조립토이므로 전단강도는 주로 입자 간 마찰과 억물림에서 나온다.
모가 난 입자일수록, 표면이 거칠수록, 억물림이 클수록 내부마찰각이 커져 전단강도가 증가한다.
모래의 전단강도는 유효수직응력 또는 구속응력의 영향을 받으며, 배수조건의 사질토는 보통 $\tau_f = \sigma' \tan \phi$로 이해한다.

선지별 해설

① O
억물림 효과는 입자들이 서로 맞물려 미끄러지기 어렵게 하므로 전단저항을 키운다. 따라서 전단강도를 증가시킨다는 설명은 옳다.

② O
모가 난 입자는 둥근 입자보다 입자 간 맞물림과 마찰저항이 크다. 따라서 angular particle의 모래가 rounded particle의 모래보다 전단강도가 크다는 설명은 옳다.

③ O
입자 표면이 거칠수록 접촉면의 마찰저항이 커진다. 따라서 거칠기가 클수록 전단강도가 크다는 설명은 옳다.

④ X
틀린 부분은 "구속응력 크기에 상관없이"이다. 모래의 전단강도는 구속응력과 무관하게 일정한 것이 아니라, 구속응력이 커질수록 증가한다.

NoteBase

오답 포인트

사질토를 점착력이 없는 흙으로만 기억하면 전단강도도 일정하다고 오해하기 쉽다. 이 문항은 점착력의 유무와 구속응력 의존성을 혼동하는지를 노린 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

사질토 전단강도 문제에서는 먼저 마찰과 억물림이 커지는 조건인지, 아니면 유효응력과 무관하다고 단정하는 표현인지 본다. 입자 형상·거칠기·구속응력이 커지면 전단강도는 대체로 커진다고 판단한다.

암기 포인트

모래 전단강도는 모난 입자, 거친 표면, 큰 억물림, 큰 구속응력에서 증가한다.

NoteBase

문 14. Rankine 토압에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, c는 흙의 점착력이고, γ는 흙의 단위중량이고, 주동토압계수는 k_a이다)

① 수동토압계수 $k_p = \frac{1}{k_a}$이다.
② 수동토압계수는 내부마찰각이 증가함에 따라 증가한다.
③ 옹벽에 주동토압이 작용할 때, 옹벽 배면에 발생하는 인장 균열 깊이 $z_o = \frac{2c}{\gamma\sqrt{k_a}}$이다.
④ 연직 옹벽에서 배면지반이 수평이고 옹벽과 흙 사이의 마찰이 있을 때 Rankine 토압계수와 Coulomb 토압계수는 같다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Rankine 토압의 기본 관계식과 Rankine 이론이 성립하는 조건, 특히 벽면 마찰 고려 여부를 구별하는지를 묻는다.

핵심 개념

Rankine 토압: 벽면과 흙 사이의 마찰을 고려하지 않는 토압 이론이다. / 결정 차이축: 벽면 마찰 고려 여부 / 키워드: $\delta = 0$
Coulomb 토압: 벽면 마찰과 벽체 형상을 함께 고려할 수 있는 토압 이론이다. / 결정 차이축: 벽면 마찰 포함 여부 / 키워드: δ 반영
주동·수동토압계수: Rankine 이론에서 $k_p = 1/k_a$ 관계를 가지며, 내부마찰각이 커질수록 k_p는 증가한다. / 결정 차이축: 벽의 이동 방향 / 키워드: 주동, 수동

선지별 해설

1번: O. Rankine 이론에서 주동토압계수는 $k_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2)$, 수동토압계수는 $k_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$이므로 서로 역수 관계이다. 따라서 $k_p = 1/k_a$는 옳다.
2번: O. $k_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$이므로 내부마찰각 ϕ가 증가하면 k_p도 함께 증가한다. 수동저항은 마찰각이 큰 흙일수록 커진다.
3번: O. 점착력 c가 있는 흙의 Rankine 주동토압은 상부에서 인장영역이 생길 수 있고, 그때 인장균열 깊이는 $z_o = 2c/(\gamma\sqrt{k_a})$이다. 제시식은 Rankine 주동토압에서 인장균열 깊이를 나타내는 식으로 맞다.
4번: X. 틀린 부분은 "옹벽과 흙 사이의 마찰이 있을 때 Rankine 토압계수와 Coulomb 토압계수는 같다"는 표현이다. Rankine 이론은 벽면 마찰이 없는 경우를 전제로 하고, Coulomb 이론은 벽면 마찰을 포함할 수 있으므로 두 계수는 일반적으로 같지 않다. 올바르게는 "연직 옹벽에서 배면지반이 수평이고 옹벽과 흙 사이의 마찰이 없을 때 Rankine 토압계수와 Coulomb 토압계수는 같다"이다.

NoteBase

오답 포인트

4번은 연직 옹벽과 수평 배면이라는 조건만 보고 두 이론이 항상 같다고 착각하기 쉽다. 두 이론이 일치하는 핵심 조건은 벽면 마찰이 없는 경우라는 점이며, "마찰이 있을 때"라는 문구가 오답을 만드는 결정어이다.

다시 나오면 이렇게 판단

토압 문제에서는 먼저 어떤 이론이 벽면 마찰을 가정하는지부터 본다. Rankine이면 $\delta = 0$ 가정, Coulomb이면 δ를 포함할 수 있다는 점을 확인한 뒤 계수 관계식과 적용조건을 대조하면 된다.

암기 포인트

Rankine은 벽면 마찰 없음, Coulomb는 벽면 마찰 포함 가능, 주동과 수동은 $k_p = 1/k_a$이다.

NoteBase

문 15. 말뚝기초의 지지력에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 말뚝의 극한지지력은 표준관입시험결과를 이용하는 방법, 말뚝재하시험에 의한 방법 등으로부터 산정된다.

② 포화된 점토지반에 근입된 말뚝의 주면마찰력을 산정하는 방법 중 β방법은 유효연직응력을 고려한다.

③ 사질토지반에 근입된 말뚝의 주면마찰력 산정 시 한계깊이를 검토한다.

④ 연약한 점토지반에서 지하수위 강하로 인한 말뚝 주변의 유효연직응력 감소는 부주면마찰력을 발생시킨다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 말뚝 지지력 산정에서 점토·사질토의 주면마찰력 평가 기준과 부주면마찰력의 발생 조건을 구분하는지를 묻는다.

핵심 개념

극한지지력은 말뚝이 파괴 직전까지 발휘하는 최대 지지력으로 재하시험이나 현장시험 상관식으로 추정한다.
β방법은 주면마찰력을 유효연직응력에 비례시켜 구하는 유효응력 기반 방법이다.
사질토의 주면마찰력은 깊이에 따라 계속 무한히 커지지 않으므로 한계깊이를 두고 검토한다.
부주면마찰력은 주변 지반이 말뚝보다 더 크게 침하할 때 말뚝에 아래방향으로 작용하는 마찰력이다.

선지별 해설

1번 O: 말뚝의 극한지지력은 표준관입시험 등의 현장시험 결과를 이용한 경험식이나 말뚝재하시험 결과로 산정할 수 있으므로 옳다.
2번 O: 포화 점토지반에서의 β방법은 주면마찰력을 유효연직응력과의 관계로 평가하는 방법이므로 옳다.
3번 O: 사질토지반의 주면마찰력은 유효응력 증가에 따라 깊이와 함께 커지지만 일정 깊이 이후에는 증가를 제한하므로 한계깊이를 검토하는 설명이 맞다.
4번 X: 틀린 표현은 '지하수위 강하로 인한 말뚝 주변의 유효연직응력 감소'이다. 실제로는 지하수위가 내려가면 간극수압이 줄어 유효연직응력은 증가하고, 그 결과 연약한 점토지반이 압밀침하하여 주변 지반이 말뚝보다 더 내려갈 때 부주면마찰력이 발생한다.

오답 포인트

지하수위 강하를 보면 물이 빠지므로 응력도 줄어든다고 오해하기 쉽지만, 토질역학에서는 간극수압이 감소하면 유효응력이 증가한다. 부주면마찰력은 유효응력 감소 자체가 아니라 그 증가에 따른 압밀침하와 상대침하에서 생긴다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

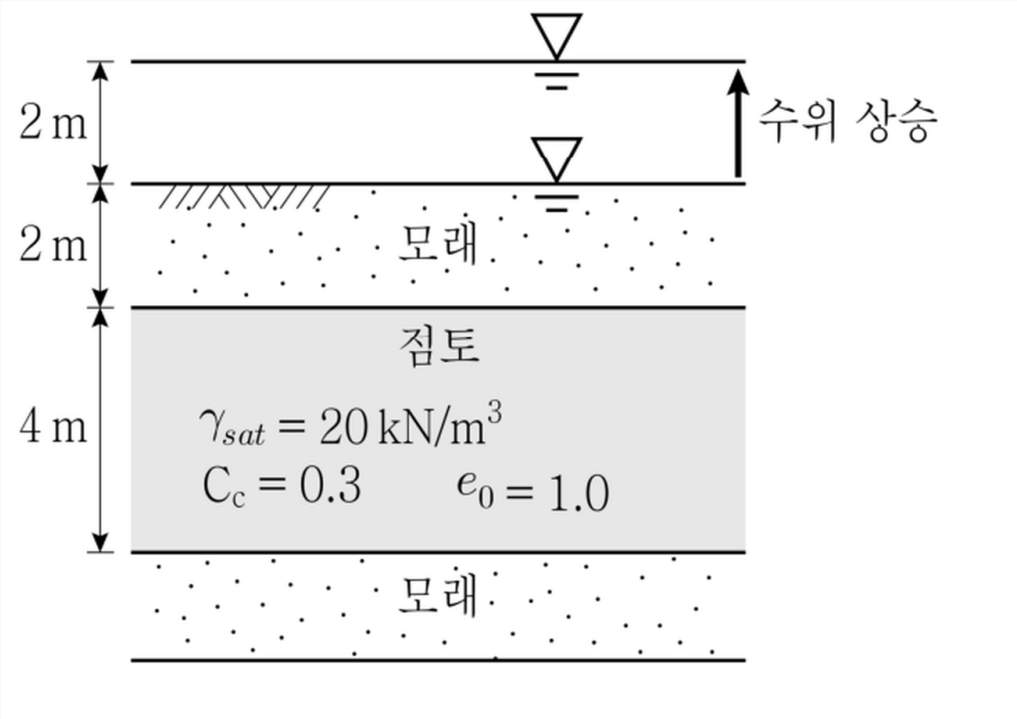
말뚝 주면마찰 문제는 먼저 지반 종류를 점토와 사질토로 나누고, 점토는 α·β 같은 산정 기준을, 사질토는 한계깊이 적용 여부를 본다. 부주면마찰력은 주변 지반이 말뚝보다 더 침하하는 상황인지로 판단한다.

암기 포인트

β방법은 유효응력 기반이고, 사질토 주면마찰력은 한계깊이를 보며, 부주면마찰력은 주변 지반의 압밀침하 때 생긴다.

NoteBase

문 16. 그림과 같이 두께 4m인 점토층 지표면의 수위가 모래 지표면에서 2m 상승하였다. 수위 상승으로 인한 점토층의 1차 압밀 침하량[cm]은? (단, 수위 상승 전 점토는 정규압밀상태이고, 물의 단위중량은 10kN/m^3 이고, $\log_{10}2 = 0.3$, $\log_{10}3 = 0.5$로 가정한다)



① 0

② 2

③ 4

④ 6

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 수위 상승이 포화 점토층의 유효응력을 바꾸는지 판단한 뒤, 압밀침하 공식에서 $\Delta\sigma'$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 점토층 두께 $H = 4m$, $C_c = 0.3$, $e_0 = 1.0$, 물의 단위중량 $\gamma_w = 10kN/m^3$, 수위 상승량 $2m$이다.
구해야 할 값: 수위 상승으로 인한 점토층의 1차 압밀침하량이다.
주의할 조건: 수위 상승 전 점토는 정규압밀상태이지만, 압밀은 유효응력 증가가 있을 때만 발생한다.

NoteBase

사용할 공식

압밀침하량은 $S = \frac{C_c H}{1+e_0}\log_{10}\left(\frac{\sigma'_0+\Delta\sigma'}{\sigma'_0}\right)$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 정규압밀 점토의 1차 압밀침하는 초기 유효응력 σ'_0와 추가 유효응력 $\Delta\sigma'$의 비로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 수위가 $2m$ 상승하면 점토층 상면에 작용하는 총응력 증가는 $\Delta\sigma = \gamma_w \times 2 = 20kPa$이다.
2. 점토와 주변 지반이 이미 포화되어 있으므로 수위 상승만큼 간극수압도 $\Delta u = \gamma_w \times 2 = 20kPa$ 증가한다.
3. 따라서 추가 유효응력은 $\Delta\sigma' = \Delta\sigma - \Delta u = 20 - 20 = 0kPa$이다.
4. 압밀침하식에 대입하면 $S = \frac{0.3\times 4}{1+1.0}\log_{10}\left(\frac{\sigma'_0+0}{\sigma'_0}\right) = 0$ 이므로 침하량은 $0cm$이다.

선지별 해설

① O: 수위 상승으로 총응력과 간극수압이 같은 크기만큼 증가하여 유효응력 변화가 0이므로 1차 압밀침하량은 $0cm$이다.
② X: 2cm는 유효응력이 일부 증가한다고 본 값이지만, 이 문제에서는 $\Delta\sigma' = 0$이므로 옳은 값은 $0cm$이다.
③ X: 4cm는 물기둥 하중 $20kPa$만 추가하중으로 보고 간극수압 증가를 빼지 않은 오답이다. 이 선택지는 $0cm$로 고쳐야 한다.
④ X: 6cm는 수위 상승을 곧바로 압밀하중으로 오해한 값이다. 포화지반의 단순 수위 상승은 유효응력을 늘리지 않으므로 이 선택지도 $0cm$로 고쳐야 한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 수위 상승을 곧바로 추가 압밀하중으로 보는 데 있다. 포화지반에서는 물기둥만큼 총응력이 늘어도 같은 크기의 간극수압이 함께 증가하므로 유효응력은 변하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

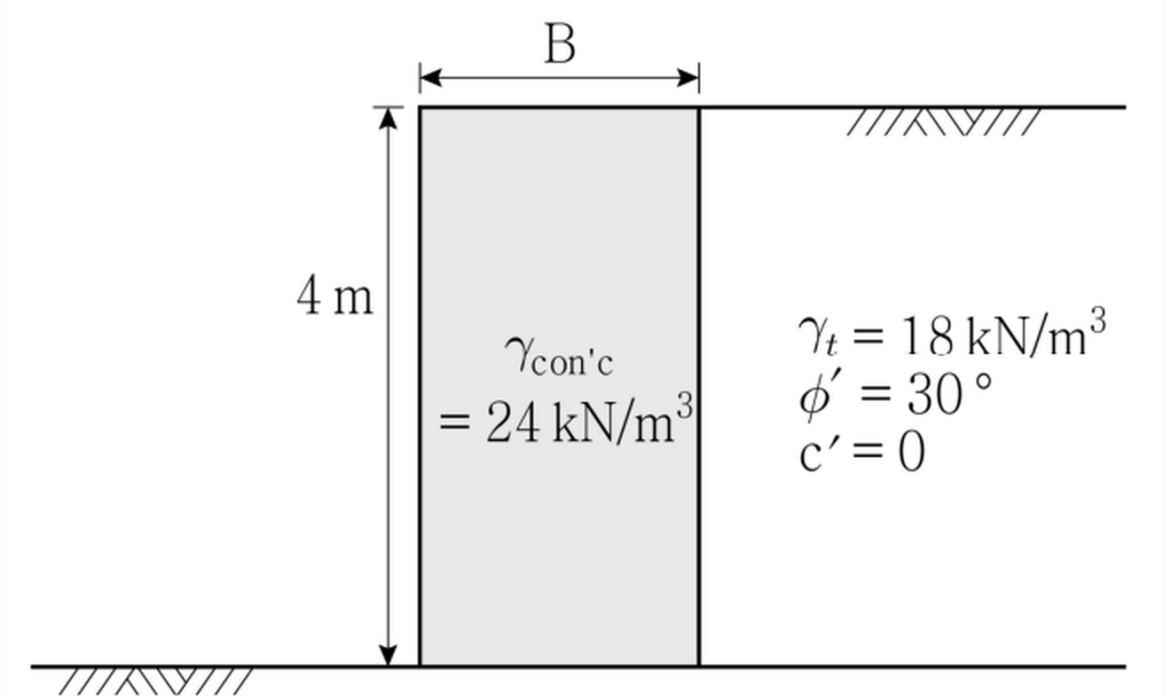
수위 변화 문제는 먼저 그 지반이 포화상태인지 확인하고, 다음으로 $\Delta\sigma$와 Δu를 각각 구해 $\Delta\sigma' = \Delta\sigma - \Delta u$가 실제로 증가했는지를 판단한다.

암기 포인트

포화지반의 단순 수위 상승은 총응력과 간극수압을 같이 올리므로 유효응력 변화가 없고 압밀침하도 없다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 폭이 일정하고 높이가 4m인 콘크리트 옹벽이 있다. 전도에 대한 안전율이 2일 때, 옹벽의 폭 B[m]는? (단, 옹벽과 흙 사이의 마찰은 고려하지 않는다)



① $\sqrt{\frac{4}{3}}$
② $\sqrt{\frac{5}{3}}$
③ $\sqrt{\frac{8}{3}}$
④ $\sqrt{\frac{10}{3}}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 Rankine 주동토압과 전도 안전율 2 조건을 이용해 옹벽의 필요 폭 B를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 높이 $H = 4m$, 콘크리트 단위중량 $\gamma_{con} = 24kN/m^3$, 흙의 단위중량 $\gamma_t = 18kN/m^3$, $\phi' = 30°$, $c' = 0$이다.
구해야 할 값은 옹벽의 폭 B이다.
주의할 조건은 옹벽과 흙 사이의 마찰을 고려하지 않으므로 수평 주동토압만 작용하고, 전도 안전율은 저항모멘트/전도모멘트로 계산한다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

주동토압계수는 $K_a = \tan^2(45^\circ - \phi'/2) = \frac{1-\sin\phi'}{1+\sin\phi'}$이다.
따라서 $K_a = \frac{1-\sin 30^\circ}{1+\sin 30^\circ} = \frac{1/2}{3/2} = \frac{1}{3}$이다.
주동토압은 $P_a = \frac{1}{2}K_a\gamma_t H^2$이고 작용점은 바닥에서 $H/3$이다.
옹벽 자중은 $W = \gamma_{con} \cdot B \cdot H = 24 \cdot B \cdot 4 = 96B$이고, 저항모멘트의 작용팔은 $B/2$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 문제의 옹벽이 직사각형 단면이고 배면 흙이 수평이며 점착력이 0이어서 Rankine 주동토압과 자중에 의한 저항모멘트만으로 전도 안전율을 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 주동토압을 구하면 $P_a = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 18 \cdot 4^2 = 48kN/m$이다.
2. 전도모멘트는 $M_o = P_a \cdot \frac{H}{3} = 48 \cdot \frac{4}{3} = 64kN \cdot m/m$이다.
3. 저항모멘트는 $M_r = W \cdot \frac{B}{2} = 96B \cdot \frac{B}{2} = 48B^2$이다.
4. 전도 안전율이 2이므로 $\frac{M_r}{M_o} = 2$이다.
5. 따라서 $\frac{48B^2}{64} = 2$, 즉 $48B^2 = 128$이므로 $B^2 = \frac{8}{3}$이다.
6. 따라서 $B = \sqrt{\frac{8}{3}}m$이다.

선지별 해설

① X
$B = \sqrt{\frac{4}{3}}m$이면 $B^2 = \frac{4}{3}$이므로 $M_r = 48 \cdot \frac{4}{3} = 64kN \cdot m/m$이다. 이때 안전율은 $\frac{64}{64} = 1$이어서 조건인 2를 만족하지 못한다. 틀린 값 $\sqrt{\frac{4}{3}}$ 대신 올바른 값은 $\sqrt{\frac{8}{3}}m$이다.
② X
$B = \sqrt{\frac{5}{3}}m$이면 $B^2 = \frac{5}{3}$이므로 안전율은 $\frac{48 \cdot 5/3}{64} = 1.25$이다. 여전히 전도에 대한 안전율 2보다 작다. 틀린 값 $\sqrt{\frac{5}{3}}$ 대신 올바른 값은 $\sqrt{\frac{8}{3}}m$이다.
③ O
$B = \sqrt{\frac{8}{3}}m$이면 $B^2 = \frac{8}{3}$이므로 $M_r = 48 \cdot \frac{8}{3} = 128kN \cdot m/m$이다. 따라서 안전율은 $\frac{128}{64} = 2$가 되어 문제 조건을 정확히 만족한다.
④ X
$B = \sqrt{\frac{10}{3}}m$이면 안전율은 $\frac{48 \cdot 10/3}{64} = 2.5$이다. 전도에 대해서는 더 안전하지만, 문제에서 요구한 안전율 2를 만족시키는 폭으로는 과대하다. 제시값 $\sqrt{\frac{10}{3}}$ 대신 조건에 정확히 맞는 값은 $\sqrt{\frac{8}{3}}m$이다.

오답 포인트

주동토압 P_a만 구하고 끝내거나, 전도모멘트의 작용점을 $H/2$로 잘못 두면 오답이 나온다. 또 옹벽 자중 W를 $24B$처럼 높이 $4m$를 빠뜨리면 저항모멘트가 작게 계산된다. 이 문항의 핵심 함정은 주동토압의 작용점이 $H/3$이고, 직사각형 옹벽 자중의 작용팔이 $B/2$라는 점이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

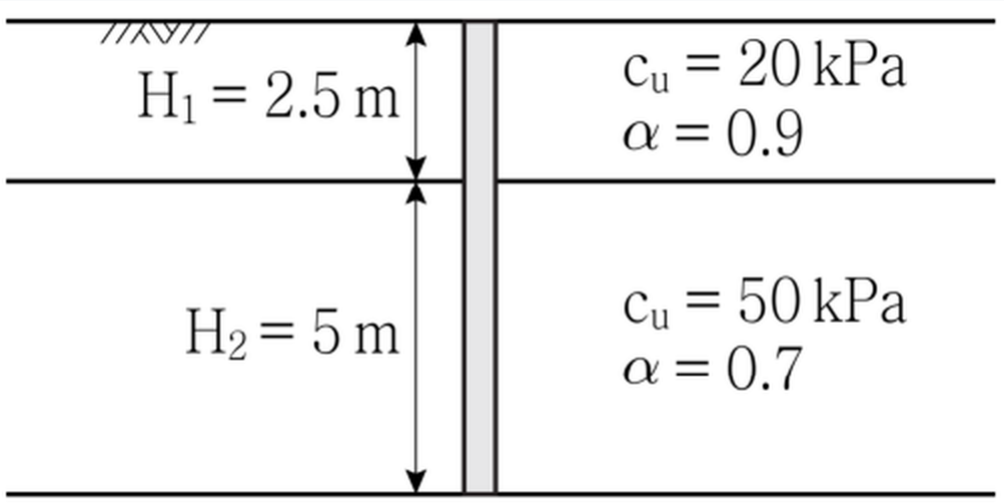
옹벽 전도 문제는 먼저 K_a로 주동토압을 구하고, 다음에 $P_a \times H/3$로 전도모멘트를 만든 뒤, 자중 $W \times B/2$를 저항모멘트로 두어 안전율 식 $FS = M_r/M_o$를 세우면 된다.

암기 포인트

직사각형 옹벽 전도 검토는 주동토압 작용점 $H/3$, 자중 작용팔 $B/2$, 안전율 $FS = M_r/M_o$의 세 가지로 정리된다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 점토지반에 $0.5m \times 0.5m$ 크기의 정사각형 말뚝을 시공했을 때, α법에 의한 전체 주면마찰력$[kN]$은?



① 240

② 340

③ 440

④ 540

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 점토지반에서 α법을 적용하여 층별 주면마찰력을 계산한 뒤 전체 주면마찰력을 합산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값

- 말뚝 단면: $0.5m \times 0.5m$
- 말뚝 둘레: $4 \times 0.5 = 2m$
- 상부층: $H_1 = 2.5m$, $c_u = 20kPa$, $\alpha = 0.9$
- 하부층: $H_2 = 5m$, $c_u = 50kPa$, $\alpha = 0.7$

구해야 할 값

- α법에 의한 전체 주면마찰력

주의할 조건

- 주면마찰력은 층별로 αc_u를 구한 뒤 말뚝 둘레와 해당 층 길이를 곱해 합산한다.

NoteBase

사용할 공식

주면마찰력은

$Q_s = \sum(\alpha c_u \times P \times H)$

이다. 여기서 P는 말뚝 둘레, H는 해당 층의 길이이다.

이 공식을 쓰는 이유는 점토지반의 α법이 부착응력 $f_s = \alpha c_u$를 이용하여 층별 주면저항을 계산하는 방식이기 때문이다.

계산 과정

1. 상부층 부착응력은 $f_{s1} = 0.9 \times 20 = 18kPa$이다.
2. 상부층 주면적은 $A_{s1} = 2 \times 2.5 = 5m^2$이므로 주면마찰력은 $Q_{s1} = 18 \times 5 = 90kN$이다.
3. 하부층 부착응력은 $f_{s2} = 0.7 \times 50 = 35kPa$이다.
4. 하부층 주면적은 $A_{s2} = 2 \times 5 = 10m^2$이므로 주면마찰력은 $Q_{s2} = 35 \times 10 = 350kN$이다.
5. 전체 주면마찰력은 $Q_s = 90 + 350 = 440kN$이다.

선지별 해설

① X: 계산 결과와 맞지 않는다. 상부층 $90kN$과 하부층 $350kN$을 합하면 $440kN$이므로, 올바르게는 전체 주면마찰력이 $440kN$이다.

② X: 층별 주면마찰력을 모두 더한 값이 아니므로 틀리다. 이 문제는 두 층을 각각 계산해 합산해야 하며, 올바르게는 $440kN$이다.

③ O: $Q_s = \alpha c_u PH$를 층별로 적용하면 상부층 $90kN$, 하부층 $350kN$이 되어 합계가 $440kN$이므로 옳다.

④ X: 주면마찰력을 과대평가한 값이다. α와 c_u를 층별로 정확히 적용하면 $540kN$이 아니라 $440kN$이다.

오답 포인트

이 문항은 말뚝 둘레를 잘못 잡거나, 두 층의 α와 c_u를 한 번에 평균처럼 처리하면 오답이 된다. 특히 하부층은 c_u가 커서 층별 분리 계산을 하지 않으면 오차가 크게 난다.

다시 나오면 이렇게 판단

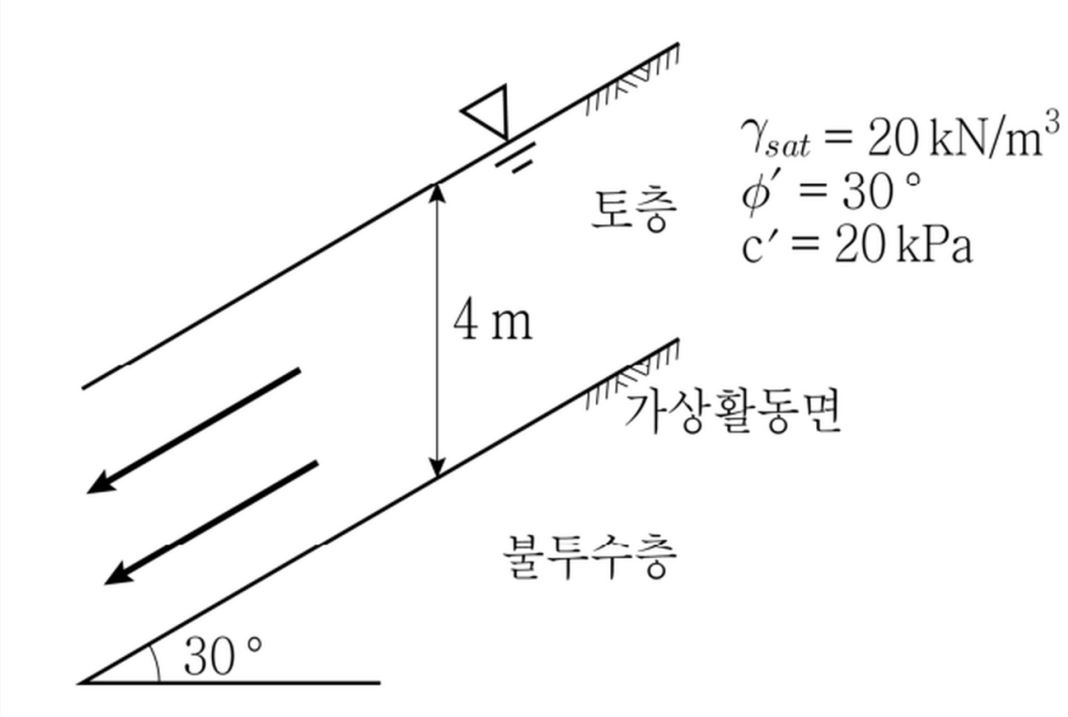
점토 말뚝의 α법 문제는 층별로 αc_u를 먼저 구하고, 각 층의 주면적 $P \times H$를 곱한 뒤 마지막에 모두 합산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

점토 말뚝 주면마찰력은 $Q_s = \sum(\alpha c_u PH)$이며, 층이 나뉘면 α, c_u, 길이를 층별로 따로 계산한다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 무한사면에서 지하수위가 지표면과 일치하고 침투 방향이 경사면과 평행할 때, 사면의 안전율은? (단, 물의 단위중량은 10kN/m^3이고, $\frac{1}{\sqrt{3}} = 0.6$, 소수점 둘째 자리에서 반올림한다)



① 1.1

② 1.6

③ 2.1

④ 2.6

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 지하수위가 지표면과 일치하고 침투가 사면과 평행한 무한사면에서, 유효응력을 써서 안전율을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $\gamma_{sat} = 20kN/m^3$, $\gamma_w = 10kN/m^3$, $\phi' = 30\,°$, $c' = 20kPa = 20kN/m^2$, 사면각 $\beta = 30\,°$, 활동면까지의 연직깊이 $z = 4m$이다.
침투가 사면과 평행하고 지하수위가 지표면에 있으므로 마찰저항에는 수중단위중량 $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 10kN/m^3$을 써야 한다.

NoteBase

사용할 공식

무한사면의 안전율은

$F_s = \frac{c'}{\gamma_{sat} z \sin\beta \cos\beta} + \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \cdot \frac{\tan\phi'}{\tan\beta}$

이다.

이 공식을 쓰는 이유는 활동면이 사면과 평행하고, 지하수 침투가 사면과 평행하여 전단저항의 마찰항이 전체단위중량이 아니라 유효응력 비율 γ'/γ_{sat}만큼 줄어들기 때문이다.

계산 과정

$\frac{c'}{\gamma_{sat} z \sin\beta \cos\beta} = \frac{20}{20 \times 4 \times \sin 30^\circ \times \cos 30^\circ} = \frac{20}{20\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \approx 0.6$

$\frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \cdot \frac{\tan\phi'}{\tan\beta} = \frac{10}{20} \cdot \frac{\tan 30^\circ}{\tan 30^\circ} = 0.5$

따라서

$F_s \approx 0.6 + 0.5 = 1.1$

이다.

선지별 해설

① O

- 계산 결과 안전율은 $F_s \approx 1.1$이므로 맞는 선택지이다.

② X

- 1.6은 침투로 인해 마찰저항이 감소하는 효과를 빼먹고 건조사면처럼 $\tan\phi'/\tan\beta = 1.0$을 그대로 넣을 때 나오는 대표적인 과대평가값이다.
- 틀린 표현은 안전율을 1.6으로 본 부분이다. 옳게는 안전율이 1.1이다.

③ X

- 계산값 1.1과 다르므로 틀리다. 이 값은 간극수압이 있는 상태에서 유효응력을 과대평가했을 때 나오는 오답이다.
- 틀린 표현은 안전율을 2.1로 본 부분이다. 옳게는 안전율이 1.1이다.

④ X

- 계산값 1.1과 다르므로 틀리다. 이 값은 지하수와 침투의 불리한 영향을 거의 반영하지 않아 저항을 지나치게 크게 잡은 오답이다.
- 틀린 표현은 안전율을 2.6으로 본 부분이다. 옳게는 안전율이 1.1이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $\phi' = 30^\circ$와 사면각 30°가 같다고 해서 마찰항을 1.0으로 두기 쉽다는 점이다. 그러나 지하수위가 지표면에 있고 침투가 사면과 평행하면 마찰항 앞에 반드시 $\gamma'/\gamma_{sat} = 0.5$가 붙어 저항이 줄어든다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

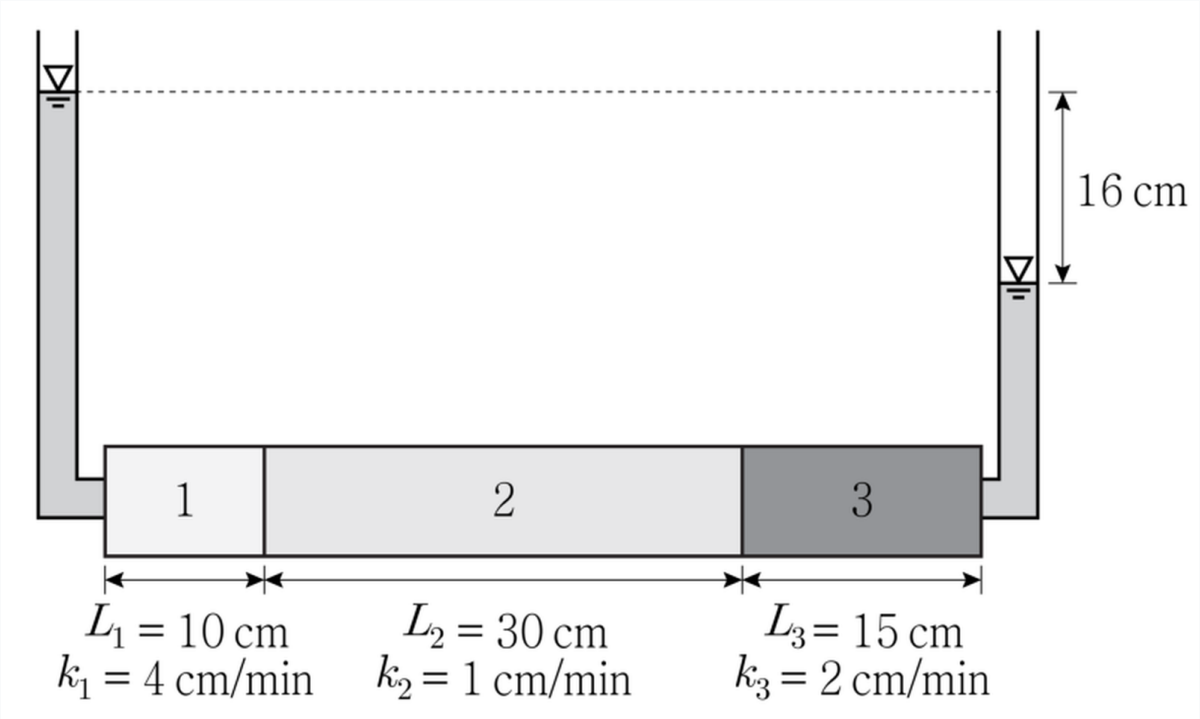
무한사면 계산형은 먼저 건조사면인지, 수중사면인지, 침투가 평행한지부터 판별한 뒤 단위중량을 정한다. 지하수위가 지표면에 있고 평행침투이면 점착항은 그대로 두고, 마찰항만 γ'/γ_{sat} 비율로 줄여 계산한다.

암기 포인트

평행침투 무한사면은 "점착항은 그대로, 마찰항은 γ'/γ_{sat}만큼 감소"로 정리된다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 수두차가 일정한 투수 시험에서 1번과 3번 시료에 발생하는 동수경사 i_1과 i_3는 각각 얼마인가? (단, 물이 통과하는 시료의 단면적은 동일하다)



① i_1: 0.1, i_3: 0.2

② i_1: 0.1, i_3: 0.4

③ i_1: 0.2, i_3: 0.2

④ i_1: 0.2, i_3: 0.4

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직렬로 연결된 투수 시료에서 동일 유량 조건과 전체 수두차 16cm를 이용해 각 시료의 동수경사를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 시료 1은 $L_1 = 10cm$, $k_1 = 4cm/min$이다. 시료 2는 $L_2 = 30cm$, $k_2 = 1cm/min$이다. 시료 3은 $L_3 = 15cm$, $k_3 = 2cm/min$이다.
구해야 할 값: 시료 1의 동수경사 i_1과 시료 3의 동수경사 i_3이다.
주의할 조건: 세 시료는 직렬 연결이고 단면적이 같으므로 유량 q는 모든 시료에서 같고, 전체 수두차 16cm는 각 시료의 수두손실 합이다.

NoteBase

사용할 공식

직렬 흐름에서는 $q = kiA$이고 단면적 A가 같으므로 $k_1 i_1 = k_2 i_2 = k_3 i_3$이다. 또 전체 수두손실은 $\Delta h = i_1 L_1 + i_2 L_2 + i_3 L_3$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제의 세 시료가 한 줄로 연결되어 있어 통과 유량은 같고, 좌우 수위차 $16cm$가 세 구간에 분배되기 때문이다.

계산 과정

1. 동일 유량 조건에서 q/A를 공통값으로 두면 $4i_1 = i_2 = 2i_3$이다. 따라서 $i_2 = 4i_1$, $i_3 = 2i_1$이다.
2. 전체 수두차는 $\Delta h = 16cm$이므로
$16 = i_1 \times 10 + (4i_1) \times 30 + (2i_1) \times 15$
$16 = 160 i_1$
$i_1 = 0.1$
이다.
3. $i_3 = 2i_1$이므로 $i_3 = 2 \times 0.1 = 0.2$이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과 $i_1 = 0.1$, $i_3 = 0.2$이므로 옳다.

② X
- $i_1 = 0.1$까지는 맞지만 $i_3 = 0.4$는 틀리다. i_3는 $k_1 i_1 = k_3 i_3$에서 구해야 하므로 $i_3 = (k_1/k_3) i_1 = 2i_1 = 0.2$이다.
- 틀린 표현은 "$i_3 = 0.4$"이고, 올바르게는 "$i_3 = 0.2$"이다.

③ X
- $i_3 = 0.2$는 맞지만 $i_1 = 0.2$는 틀리다. $i_1 = 0.2$를 대입하면 전체 수두손실은 $0.2 \times 10 + 0.8 \times 30 + 0.4 \times 15 = 32$가 되어 주어진 $16cm$와 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 "$i_1 = 0.2$"이고, 올바르게는 "$i_1 = 0.1$"이다.

④ X
- $i_1 = 0.2$, $i_3 = 0.4$는 각각 실제 값의 두 배이므로 틀리다. 이는 전체 수두차 $16cm$를 대입해 검산하지 않고 비례식만 세운 경우에 나오는 오답이다.
- 틀린 표현은 "$i_1 = 0.2,\ i_3 = 0.4$"이고, 올바르게는 "$i_1 = 0.1,\ i_3 = 0.2$"이다.

계산 결과 $i_1 = 0.1$, $i_3 = 0.2$이므로 정답은 1번이다.

NoteBase

오답 포인트

직렬 시료에서는 유량이 같다고 해서 동수경사도 같아지는 것이 아니다. 투수계수 k가 다르면 동수경사 i는 그에 반비례로 달라진다. 또한 전체 수두차 $16cm$를 각 구간의 iL 합으로 검산하지 않으면 ②나 ④ 같은 오답에 걸리기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

직렬 투수 문제는 먼저 $q = kiA$에서 동일 유량 조건을 세우고, 다음에 전체 수두차를 $\sum iL$로 연결해 미지수를 하나로 줄여 판단한다. 마지막에는 구한 i값을 다시 iL에 대입해 전체 수두차가 맞는지 검산하면 된다.

암기 포인트

단면적이 같은 직렬 시료는 ki가 같고, 전체 수두차는 $\sum iL$이다.

NoteBase

문 21. $1m \times 1m$ **크기의 정사각형 기초를 깊이** $2m$**에 설치하였다. 흙의 단위중량은** $18kN/m^3$**, 내부마찰각은** 25°**, 점착력은 0일 때, 기초지반의 전반전단파괴에 대한 극한지지력**$[kPa]$**은? (단, Terzaghi의 공식을 이용하고, 지하수위는 고려하지 않고, 지지력 계수** $N_c = 25$**,** $N_q = 13$**,** $N_\gamma = 8$**이다)**

① 325.6

② 425.6

③ 525.6

④ 625.6

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 Terzaghi의 전반전단파괴 극한지지력 식을 이용해 정사각형 기초의 극한지지력 kPa를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 기초 크기 $1m \times 1m$, 근입깊이 $D_f = 2m$, 단위중량 $\gamma = 18kN/m^3$, 점착력 $c = 0$, $N_c = 25$, $N_q = 13$, $N_\gamma = 8$이다.
구해야 할 값: 기초지반의 전반전단파괴에 대한 극한지지력 q_{ult}이다.
주의할 조건: 정사각형 기초이므로 Terzaghi 형상계수를 적용하며, 점착력이 0이어서 cN_c항은 사라진다.

사용할 공식

정사각형 기초의 Terzaghi 극한지지력 식은
$q_{ult} = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$
이다.
여기서 상재압 $q = \gamma D_f$이다.

이 공식을 쓰는 이유:
문제에서 전반전단파괴, 정사각형 기초, Terzaghi 공식을 명시했고 지하수위 영향은 없다고 했으므로 해당 식을 그대로 적용하면 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 상재압을 계산하면 $q = \gamma D_f = 18 \times 2 = 36kPa$이다.
2. 점착력이 0이므로 $1.3cN_c = 0$이다.
3. 따라서

$q_{ult} = 36 \times 13 + 0.4 \times 18 \times 1 \times 8$

이고,

$q_{ult} = 468 + 57.6 = 525.6kPa$

이다.

선지별 해설

① X: 극한지지력은 $325.6kPa$가 아니다. 계산값은 $525.6kPa$이다. $325.6kPa$는 qN_q항이나 γBN_γ항을 잘못 누락하거나 계수를 잘못 적용했을 때 나올 수 있는 오답값이다.
② X: 극한지지력은 $425.6kPa$가 아니다. 올바른 값은 $525.6kPa$이다. 이 값은 상재압 $q = 36kPa$를 잘못 계산하거나 36×13 산정을 틀렸을 때 접근하는 오답이다.
③ O: $q_{ult} = 525.6kPa$이므로 맞는 선택지이다. $c = 0$이어서 첫 항이 0이 되고, $qN_q = 468kPa$, $0.4\gamma BN_\gamma = 57.6kPa$를 더하면 된다.
④ X: 극한지지력은 $625.6kPa$가 아니다. 올바르게는 $525.6kPa$이다. 이 값은 형상계수 또는 각 항을 기계적으로 더하는 과정에서 $100kPa$를 과대 산정한 경우의 오답이다.

오답 포인트

정사각형 기초의 형상계수 0.4를 빼먹거나, 상재압 $q = \gamma D_f$를 먼저 구하지 않고 바로 대입하면 오답이 나온다. 또 $c = 0$인데도 $1.3cN_c$항을 남겨 두는 실수도 잦다.

다시 나오면 이렇게 판단

극한지지력 계산 문제는 먼저 기초 형상과 파괴형식을 확인하고, 다음에 $q = \gamma D_f$를 구한 뒤, 마지막으로 cN_c 항이 살아 있는지 여부를 점검하면서 Terzaghi 식에 대입하면 된다.

암기 포인트

정사각형 기초 Terzaghi 식은 $q_{ult} = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$이며, 모래지반처럼 $c = 0$이면 앞 항은 바로 0이 된다.

NoteBase

문 22. 비탈면안정해석 방법 중 절편법이 아닌 것은?

① Spencer 방법

② Bishop 방법

③ Janbu 방법

④ Culmann 방법

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 비탈면 안정해석법을 절편법과 비절편법으로 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

절편법은 활동토체를 여러 절편으로 나누어 각 절편의 평형을 바탕으로 전체 안전율을 구하는 한계평형해석법이다.
Spencer, Bishop, Janbu 방법은 대표적인 절편법이다.
Culmann 방법은 활동토체를 절편으로 세분하지 않고 쐐기형 파괴토체를 도해적으로 해석하는 방법이므로 절편법이 아니다.

NoteBase

선지별 해설

① X
Spencer 방법은 절편 간 작용을 고려하는 대표적인 절편법이다.
틀린 부분은 이 선지를 '절편법이 아닌 것'으로 판단하는 점이다.
올바르게는 Spencer 방법은 절편법에 해당한다.

② X
Bishop 방법은 원호활동면을 가정하고 절편별 평형을 이용하는 절편법이다.
틀린 부분은 이 선지를 '절편법이 아닌 것'으로 판단하는 점이다.
올바르게는 Bishop 방법은 절편법에 해당한다.

③ X
Janbu 방법도 활동토체를 여러 절편으로 나누어 해석하는 절편법이다.
틀린 부분은 이 선지를 '절편법이 아닌 것'으로 판단하는 점이다.
올바르게는 Janbu 방법은 절편법에 해당한다.

④ O
Culmann 방법은 쐐기이론에 기초한 도해적 비탈면 안정해석법으로, 절편으로 나누는 절편법이 아니다.
따라서 '절편법이 아닌 것'이라는 발문에 맞는 옳은 선지이다.

오답 포인트

Spencer, Bishop, Janbu는 모두 외국 학자 이름이 붙어 있어 서로 다른 계열의 방법처럼 보이지만, 공통적으로 활동토체를 절편으로 나누는 절편법이라는 점이 핵심이다. Culmann도 인명이라 같은 부류로 오인하기 쉽지만, 실제로는 쐐기 파괴를 도해적으로 다루는 방법이다.

다시 나오면 이렇게 판단

보기 이름이 낯설더라도 먼저 활동토체를 여러 절편으로 나누는지부터 구분하면 된다. 절편으로 나누어 절편별 평형을 보는 방법이면 절편법이고, 쐐기나 도해 해석 중심이면 절편법이 아니다.

암기 포인트

Spencer·Bishop·Janbu는 절편법이고, Culmann은 쐐기 도해법이다.

NoteBase

문 23. 삼축압축시험에서 포화된 시료를 300 kPa의 구속응력으로 압밀시켰다. 이후 비배수 조건에서 파괴 시 축차응력이 200 kPa이고 발생한 간극수압이 140 kPa일 때, Skempton의 간극수압계수 A는? (단, Skempton의 간극수압계수 B는 1이다)

① 0.65

② 0.7

③ 0.75

④ 0.8

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 비배수 삼축압축시험에서 Skempton의 간극수압식을 이용해 간극수압계수 A를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 구속응력 $300kPa$, 파괴 시 축차응력 $\sigma_1 - \sigma_3 = 200kPa$, 발생 간극수압 $\Delta u = 140kPa$,
포화시료이므로 $B = 1$이다.
구해야 할 값: Skempton의 간극수압계수 A이다.
주의할 조건: 전단 단계는 비배수 조건이고 구속응력은 일정하므로 $\Delta\sigma_3 = 0$이다.

사용할 공식

$\Delta u = B\{\Delta\sigma_3 + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)\}$
이 문제는 포화시료의 비배수 전단에서 발생한 간극수압과 축차응력이 주어졌으므로 Skempton 식을 그대로 적용하는 상황이다.

계산 과정

1. 포화시료이므로 $B = 1$이다.
2. 비배수 전단 단계에서는 구속응력이 변하지 않으므로 $\Delta\sigma_3 = 0$이고, 축차응력은 $\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3 = 200kPa$이다.
3. 따라서 $\Delta u = A \times 200kPa = 140kPa$이므로 $A = 140/200 = 0.70$이다.

NoteBase

선지별 해설

1번 X: $A = 0.65$이면 $\Delta u = 0.65 \times 200 = 130kPa$가 되어 주어진 $140kPa$와 맞지 않는다. 틀린 값 0.65 → 올바르게는 0.70이다.
2번 O: $A = 0.70$이면 $\Delta u = 0.70 \times 200 = 140kPa$가 되어 문제 조건과 정확히 일치한다.
3번 X: $A = 0.75$이면 $\Delta u = 0.75 \times 200 = 150kPa$가 되어 간극수압을 과대평가한다. 틀린 값 0.75 → 올바르게는 0.70이다.
4번 X: $A = 0.80$이면 $\Delta u = 0.80 \times 200 = 160kPa$가 되어 간극수압을 더 크게 계산한 값이다. 틀린 값 0.80 → 올바르게는 0.70이다.

오답 포인트

압밀 시 가한 구속응력 $300kPa$를 전단 단계의 응력증가량으로 착각하기 쉽다. 이 문제에서 $300kPa$는 초기 등방압밀 상태를 뜻하고, A는 비배수 전단 중 추가된 축차응력 $200kPa$와 발생 간극수압 $140kPa$의 비로 판단한다.

다시 나오면 이렇게 판단

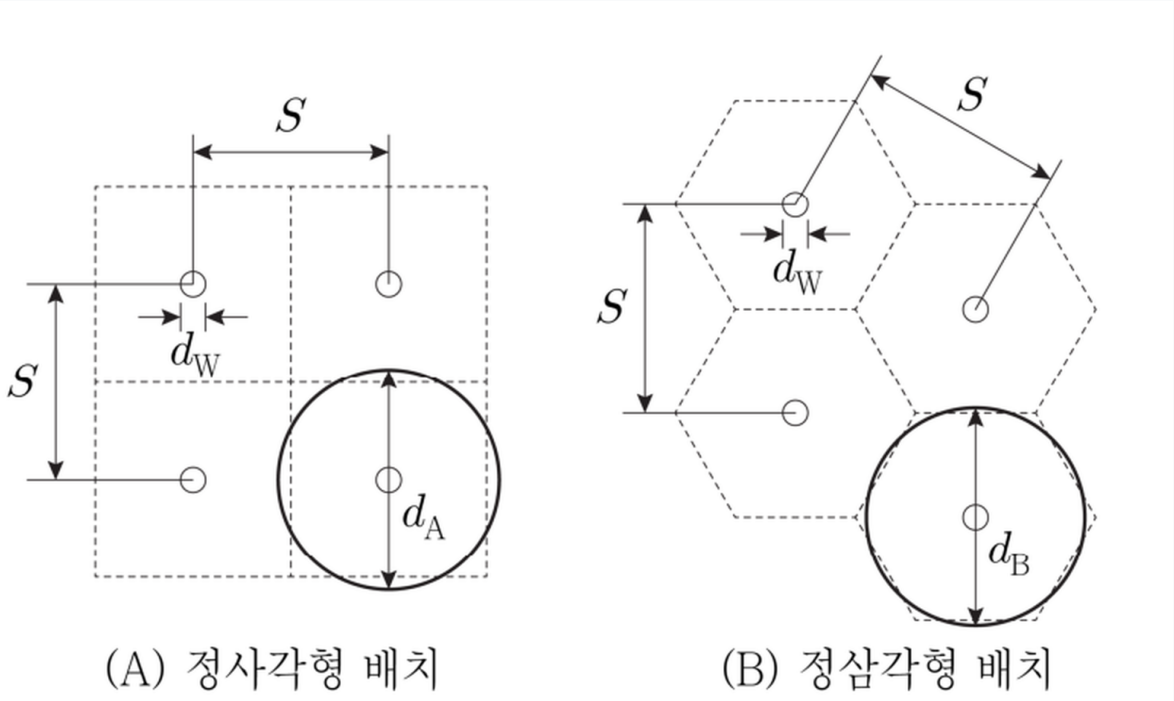
삼축압축 비배수 문제는 먼저 전단 단계에서 실제로 증가한 응력성분을 구분한 뒤, 포화시료이면 $B = 1$, 정구속 전단이면 $\Delta\sigma_3 = 0$을 넣어 Skempton 식을 단순화해서 계산하면 된다.

암기 포인트

포화 비배수 삼축압축에서 구속응력이 일정하면 $\Delta u = A\Delta\sigma_d$로 정리되므로 $A = \Delta u/\Delta\sigma_d$이다.

NoteBase

문 24. 그림과 같이 연직배수재를 동일한 간격 S로 각각 다르게 배치하였다. 연직배수재 배치에 따른 영향원의 유효직경비 d_A/d_B는? (단, d_W는 연직배수재 직경이고, $\sqrt{2}=1.4$, $\sqrt[4]{3}=1.3$이고, 소수점 셋째 자리에서 올림한다)



① 0.93

② 1.05

③ 1.08

④ 1.13

정답 3번

출제 포인트

정사각형 배치와 정삼각형 배치의 1개 연직배수재당 영향면적을 같은 면적의 원으로 환산하여 유효직경비 d_A/d_B를 구하는 문제이다.

조건 정리

정사각형 배치의 1개당 영향면적은 S^2이다.
정삼각형 배치의 1개당 영향면적은 $S^2\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}S^2$이다.
구해야 할 값은 각 유효직경 자체가 아니라 d_A/d_B이다.

NoteBase

사용할 공식

영향면적 A를 같은 면적의 원으로 바꾸면 $\frac{\pi d_e^2}{4} = A$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 유효직경이 각 배수재가 담당하는 영향권 면적을 원으로 등가 환산한 직경이기 때문이다.

계산 과정

1. 정사각형 배치(A)는 $\frac{\pi d_A^2}{4} = S^2$이므로 $d_A = \frac{2S}{\sqrt{\pi}} \approx 1.13S$이다.
2. 정삼각형 배치(B)는 $\frac{\pi d_B^2}{4} = \frac{\sqrt{3}}{2}S^2$이므로 $d_B = S\sqrt{\frac{2\sqrt{3}}{\pi}} \approx 1.05S$이다.
3. 따라서 $\frac{d_A}{d_B} = \frac{1.13S}{1.05S} \approx 1.08$이다.
또는 $\frac{d_A}{d_B} = \sqrt{\frac{2}{\sqrt{3}}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt[4]{3}} \approx \frac{1.4}{1.3} = 1.077$이므로 소수점 셋째 자리에서 올리면 1.08이다.

선지별 해설

① X: 0.93은 $\frac{d_B}{d_A} \approx \frac{1.05}{1.13}$처럼 역수를 취했을 때의 값에 해당한다. 틀린 수치이며, 올바르게는 $\frac{d_A}{d_B} \approx 1.08$이다.
② X: 1.05는 정삼각형 배치의 유효직경계수 d_B/S이다. 비율을 묻는 값이 아니므로 틀리며, 올바르게는 $\frac{d_A}{d_B} \approx 1.08$이다.
③ O: 정사각형 배치에서 $d_A \approx 1.13S$, 정삼각형 배치에서 $d_B \approx 1.05S$이므로 $\frac{d_A}{d_B} \approx 1.08$이다.
④ X: 1.13은 정사각형 배치의 유효직경계수 d_A/S이다. 이것을 그대로 비율로 읽으면 틀리며, 올바르게는 $\frac{d_A}{d_B} \approx 1.08$이다.

오답 포인트

배치별 유효직경계수 1.13, 1.05를 알고 있어도 문제는 계수 자체가 아니라 그 비 d_A/d_B를 묻는다. ①은 역수 함정이고, ②와 ④는 각 배치의 단독 계수를 그대로 답처럼 보이게 만든 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

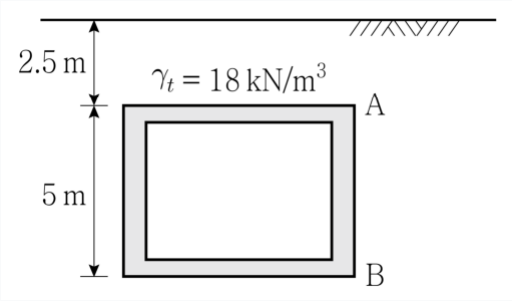
배수재 배치 문제는 먼저 1개당 영향면적을 정한 뒤 $\frac{\pi d_e^2}{4} = A$로 유효직경을 구하고, 마지막에 묻는 값이 계수인지 비율인지 확인하면 된다.

암기 포인트

정사각형은 $1.13S$, 정삼각형은 $1.05S$, 둘의 비는 약 1.08이다.

NoteBase

문 25. 그림과 같이 지중에 묻혀 있는 박스 구조물 측면 AB에 작용하는 단위 길이당 전체 수평토압[kN/m]은? (단, 흙의 정지토압계수는 0.5이다)



① 55

② 125

③ 150

④ 225

정답 4번

출제 포인트

정지토압계수 K_0를 이용해 깊이에 따라 선형 증가하는 측벽 토압의 합력을 사다리꼴 면적으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 흙의 단위중량은 $\gamma_t = 18kN/m^3$이다.
- 정지토압계수는 $K_0 = 0.5$이다.
- 벽 AB의 상단 깊이는 $2.5m$, 하단 깊이는 $7.5m$, 벽 높이는 $5m$이다.

구해야 할 값:
- 측면 AB에 작용하는 단위 길이당 전체 수평토압 P이다.

주의할 조건:
- 토압은 깊이 z에 비례하므로 벽 전체에서 일정하지 않고 위에서 아래로 선형 증가한다.

NoteBase

사용할 공식

깊이 z에서의 정지수평토압은 $\sigma_h = K_0\gamma_t z$이다.

$\sigma_h = K_0\gamma_t z$

전체 수평토압은 토압분포도의 면적이므로 상단과 하단의 토압을 구해 사다리꼴 면적으로 합산한다.

$P = \frac{\sigma_A + \sigma_B}{2} \times 5$

이 공식을 쓰는 이유는 AB가 지표면에서 시작하지 않고 깊이 $2.5m$부터 $7.5m$까지 놓여 있어 토압분포가 삼각형이 아니라 사다리꼴이기 때문이다.

계산 과정

1. A점의 수평토압은 $\sigma_A = 0.5 \times 18 \times 2.5 = 22.5kN/m^2$이다.
2. B점의 수평토압은 $\sigma_B = 0.5 \times 18 \times 7.5 = 67.5kN/m^2$이다.
3. 전체 수평토압은 사다리꼴 면적이므로

$P = \frac{22.5 + 67.5}{2} \times 5 = 225kN/m$

이다.

선지별 해설

① X

- $55kN/m$은 계산 결과와 다르다. 상단 토압만 일부 반영하거나 높이를 잘못 적용하면 가까운 값이 나오지만, 올바르게는 사다리꼴 분포 전체를 합산한 $225kN/m$이다.

② X

- $125kN/m$은 계산 결과와 다르다. 깊이에 따른 토압 증가를 직사각형이나 삼각형 하나로 단순화하면 생길 수 있는 오답이며, 올바른 전체 수평토압은 $225kN/m$이다.

③ X

- $150kN/m$은 계산 결과와 다르다. 평균토압이나 벽 높이를 잘못 적용한 값이며, 올바르게는 $22.5kN/m^2$와 $67.5kN/m^2$의 평균에 높이 $5m$를 곱한 $225kN/m$이다.

④ O

- A점과 B점의 정지토압을 구해 사다리꼴 면적으로 합산하면 $225kN/m$이 된다. 따라서 ④가 옳다.

오답 포인트

토압분포를 삼각형으로만 보거나, 상단 깊이 $2.5m$를 무시하고 지표면부터 높이 $5m$인 벽처럼 계산하면 오답이 된다. 이 문제의 핵심은 AB가 지표면 아래에서 시작하므로 분포가 사다리꼴이라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

지중 구조물 측벽 토압 문제는 먼저 벽의 상단 깊이와 하단 깊이를 읽고, $\sigma_h = K_0\gamma z$로 양 끝 토압을 구한 뒤, 그 분포를 직사각형·삼각형 또는 사다리꼴 면적으로 합산해 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

정지토압 합력은 $K_0\gamma z$ 분포의 면적이다. 상단 깊이가 0이 아니면 삼각형이 아니라 사다리꼴이 된다.

NoteBase