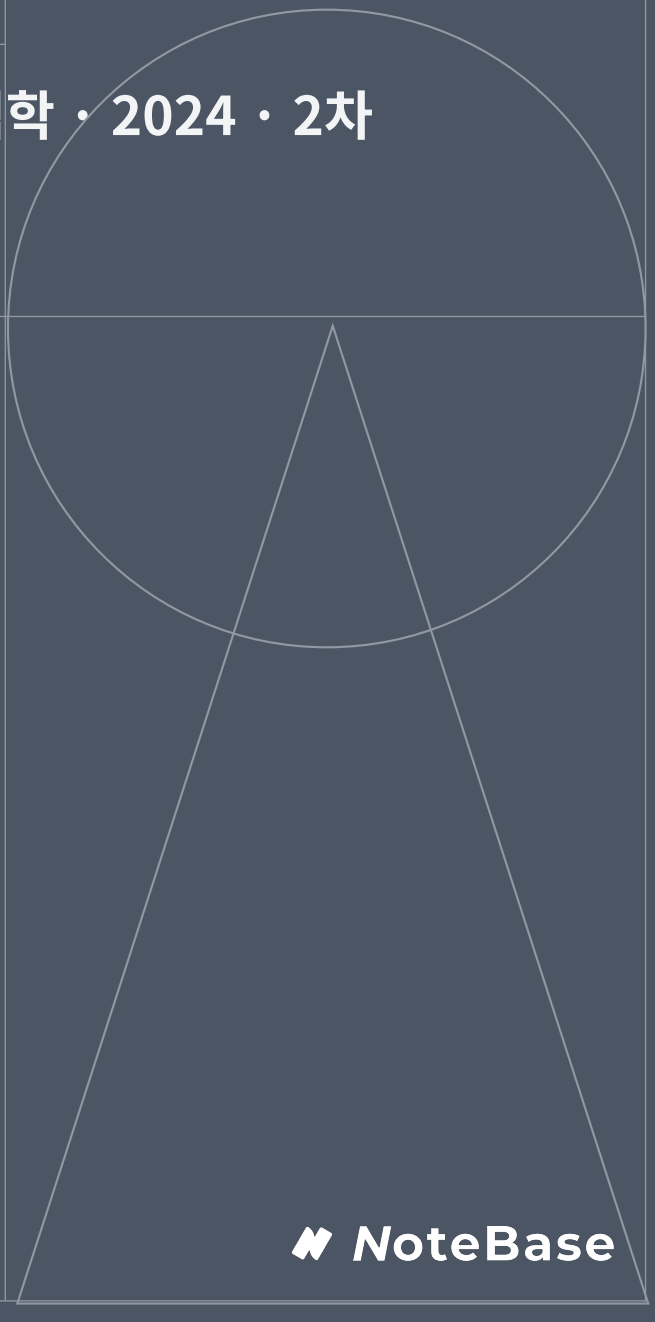
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2024 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2024 · 2차

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2024 · 2차

문 1. Terzaghi 1차원 압밀이론에서 압밀속도에 영향을 주는 인자가 아닌 것은?

① 배수거리

② 압밀계수

③ 투수계수

④ 압밀하중

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Terzaghi 1차원 압밀이론에서 압밀속도를 좌우하는 인자와 최종압밀량에 영향을 주는 인자를 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

압밀속도는 일정 압밀도에 도달하는 빠르기이며 $T_v = \frac{c_v t}{H_{dr}^2}$ 관계로 배수거리 H_{dr}와 압밀계수 c_v에 좌우된다.
투수계수는 압밀계수에 반영되므로 투수성이 클수록 일반적으로 압밀이 빨라진다.
압밀하중은 압밀의 진행 속도보다 최종적으로 얼마나 압축되는지, 즉 최종압밀량에 더 직접적으로 영향을 준다.

선지별 해설

1번 O: 배수거리가 길수록 간극수압이 빠져나갈 경로가 길어져 압밀이 느려진다. 같은 압밀도에 도달하는 시간은 대체로 H_{dr}^2에 비례하므로 배수거리는 압밀속도에 직접 영향을 준다.
2번 O: 압밀계수는 압밀속도를 대표하는 계수이다. c_v가 클수록 같은 압밀도에 도달하는 시간이 짧아진다.
3번 O: 투수계수는 압밀계수의 구성요소이므로 압밀속도에 영향을 준다. 투수계수가 클수록 간극수가 더 잘 배출되어 일반적으로 압밀이 빨라진다.
4번 X: 틀린 부분은 압밀하중을 압밀속도 인자로 본 점이다. 압밀하중은 최종압밀량에는 영향을 주지만, Terzaghi 1차원 압밀이론에서 압밀속도는 주로 배수거리와 압밀계수로 판단한다. 올바르게는 '압밀하중은 압밀속도보다 최종압밀량에 영향을 준다'이다.

NoteBase

오답 포인트

하중이 크면 더 빨리 눌릴 것처럼 느껴져 4번을 속도 인자로 착각하기 쉽다. 이론에서는 속도와 양을 분리해서 보며, 속도는 배수조건과 c_v, 양은 하중과 압축성으로 구별한다.

다시 나오면 이렇게 판단

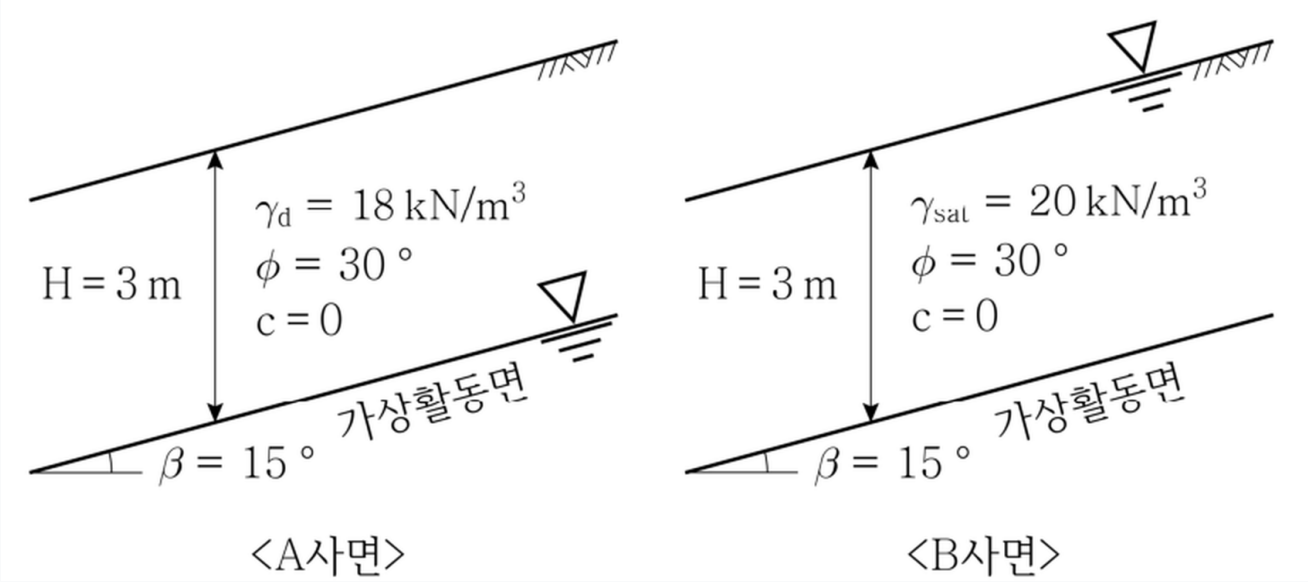
문제가 압밀속도를 묻는지 최종압밀량을 묻는지 먼저 구분한다. 속도 문제이면 배수거리와 압밀계수 계열을 보고, 양 문제이면 하중 크기와 압축성 계열을 본다.

암기 포인트

압밀속도는 H_{dr}, c_v이고 최종압밀량은 하중과 압축성이다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 두 무한사면에 대해서 가상 파괴 활동면이 지표면 아래 3m 깊이에 위치할 때, A사면 안전율(FS_A)과 B사면 안전율(FS_B)의 비 $\left[\frac{FS_A}{FS_B}\right]$는? (단, 물의 단위중량은 10kN/m^{3}이다)



① 0.5

② 1.0

③ 1.5

④ 2.0

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 무한사면에서 건조 상태와 포화 평행침투 상태의 안전율 식을 구분하여 FS_A/FS_B를 비교하는 문제이다.

조건 정리

A사면: $\gamma_d = 18kN/m^3, \phi = 30°, c = 0, \beta = 15°$

B사면: $\gamma_{sat} = 20kN/m^3, \phi = 30°, c = 0, \beta = 15°, \gamma_w = 10kN/m^3$

구해야 할 값: FS_A/FS_B

주의할 조건: 두 사면은 ϕ와 β가 같고, B사면은 포화 사면이므로 $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$를 사용한다.

NoteBase

사용할 공식

건조 무한사면: $FS_A = \frac{\tan\phi}{\tan\beta}$
포화 무한사면(평행침투, $c = 0$): $FS_B = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \cdot \frac{\tan\phi}{\tan\beta}$, $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$
이 공식을 쓰는 이유: 두 사면 모두 활동면이 사면과 평행한 무한사면이고, B사면은 포화로 인해 유효응력이 γ' 만큼 감소하기 때문이다.

계산 과정

1. A사면은 $c = 0$인 건조 무한사면이므로 $FS_A = \tan 30^\circ / \tan 15^\circ \approx 2.15$이다.
2. B사면의 부력단위중량은 $\gamma' = 20 - 10 = 10 kN/m^3$이므로
$FS_B = (10/20) \times (\tan 30^\circ / \tan 15^\circ) \approx 1.08$이다.
3. 따라서 $FS_A / FS_B = 2.15 / 1.08 = 2.0$이다. 공통항 $\tan\phi/\tan\beta$가 약분되므로 바로
$FS_A / FS_B = \gamma_{sat}/\gamma' = 20/10 = 2.0$으로 계산해도 된다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과 $FS_A / FS_B = 2.0$이므로 0.5는 아니다. 이 값은 비를 거꾸로 써서 FS_B / FS_A를 구한 경우의 오답이다. 틀린 표현은 0.5이고, 올바르게는 2.0이다.
2번 X: 계산 결과가 1.0과 일치하지 않는다. B사면의 포화 효과를 무시하고 두 사면의 안전율이 같다고 보면 나오는 오답이다. 틀린 표현은 1.0이고, 올바르게는 2.0이다.
3번 X: 계산 결과가 1.5와 일치하지 않는다. 포화 시 유효응력 감소를 끝까지 반영하지 않으면 나오는 오답이다. 틀린 표현은 1.5이고, 올바르게는 2.0이다.
4번 O: $FS_A / FS_B = 2.0$이므로 옳다. 건조 사면의 안전율이 포화 사면의 안전율보다 2배 크다.

오답 포인트

B사면에서도 건조 사면과 같은 식을 그대로 쓰거나, FS_A / FS_B 대신 FS_B / FS_A를 구하면 오답이 된다. 이 문제의 핵심은 포화 사면에서 저항항에 γ'가 들어간다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

무한사면 비 비교 문제는 먼저 $c = 0$ 여부와 평행침투 여부를 확인한 뒤, 건조식인지 포화식인지를 나눈다. 그다음 두 식의 공통항이 약분되는지 보면 계산을 빠르게 줄일 수 있다.

암기 포인트

건조 무한사면은 $FS = \tan\phi/\tan\beta$, 포화 평행침투 무한사면은 여기에 γ'/γ_{sat}가 한 번 더 곱해진다.

NoteBase

문 3. 정규압밀점토에 대한 1차원 압밀시험 시 유효응력경로의 기울기는? (단, $p' = \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2}$, $q' = \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2}$이고, 정지토압계수는 0.5이다.)

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

정답 2번

출제 포인트

정지토압계수 K_0가 주어진 1차원 압밀에서 유효응력경로의 기울기 dq'/dp'를 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

연직 유효응력을 σ_1', 수평 유효응력을 σ_3'로 본다.
정지토압계수는 $K_0 = \sigma_3'/\sigma_1' = 0.5$이다.
문제에서 $p' = (\sigma_1' + \sigma_3')/2$, $q' = (\sigma_1' - \sigma_3')/2$로 정의한다.

사용할 공식

$p' = \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2}, \qquad q' = \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2}$
$\sigma_3' = K_0\sigma_1'$
따라서 경로의 기울기는
$\frac{dq'}{dp'} = \frac{d\sigma_1' - d\sigma_3'}{d\sigma_1' + d\sigma_3'} = \frac{1 - K_0}{1 + K_0}$
이 된다.
1차원 압밀에서는 수평 유효응력도 K_0 비율로 함께 변하므로 이 식을 그대로 적용한다.

계산 과정

1. $K_0 = 0.5$이므로 $d\sigma_3' = 0.5d\sigma_1'$이다.
2. $dp' = (d\sigma_1' + d\sigma_3')/2 = (1 + 0.5)d\sigma_1'/2 = 0.75d\sigma_1'$이다.
3. $dq' = (d\sigma_1' - d\sigma_3')/2 = (1 - 0.5)d\sigma_1'/2 = 0.25d\sigma_1'$이다.
4. 따라서 $\frac{dq'}{dp'} = \frac{0.25}{0.75} = \frac{1}{3}$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 기울기는 $\frac{1}{4}$가 아니라 $\frac{1}{3}$이다. $K_0 = 0.5$를 대입한 비율 계산을 잘못한 값이다. 틀린 표현은 '기울기 1/4'이며, 올바르게는 '기울기 1/3'이다.
2번 O: $K_0 = 0.5$이면 $\frac{1 - K_0}{1 + K_0} = \frac{0.5}{1.5} = \frac{1}{3}$이므로 맞는 값이다.
3번 X: 기울기는 $\frac{1}{2}$가 아니다. 이는 p'와 q'의 정의 또는 분모의 합응력 관계를 잘못 적용한 경우에 가까운 오답이다. 틀린 표현은 '기울기 1/2'이며, 올바르게는 '기울기 1/3'이다.
4번 X: 기울기는 1이 아니다. 1은 σ_3' 변화가 없다고 본 경우에 가까운 값이지만, 이 문제는 $K_0 = 0.5$로 수평 유효응력이 함께 증가한다. 틀린 표현은 '기울기 1'이며, 올바르게는 '기울기 1/3'이다.

오답 포인트

정지토압계수 K_0가 주어졌는데도 σ_3'를 일정하다고 보면 4번처럼 큰 값으로 틀린다. 또 문제에서 준 p', q' 정의를 무시하고 익숙한 다른 응력불변량 정의를 섞으면 1번이나 3번 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

1차원 압밀의 응력경로 문제는 먼저 $\sigma_3' = K_0\sigma_1'$ 또는 $d\sigma_3' = K_0 d\sigma_1'$ 관계를 세운다. 그다음 문제에서 제시한 p', q' 정의에 그대로 대입해 $\frac{dq'}{dp'} = \frac{1 - K_0}{1 + K_0}$ 형태로 정리하면 된다.

암기 포인트

K_0 압밀 경로에서 $q'/p' = (1 - K_0)/(1 + K_0)$이다. $K_0 = 0.5$이면 기울기는 바로 1/3이다.

NoteBase

문 4. 흙의 토압계수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① Rankine 주동토압은 내부 마찰각이 증가함에 따라 감소한다.

② 옹벽에 주동토압이 작용할 때, 옹벽 배면에 발생하는 인장균열깊이는 점착력이 클수록 크다.

③ 연직 옹벽에서 배면이 수평할 때, 옹벽 배면의 수평변형이 발생하지 않는 경우 정지토압계수를 적용한다.

④ 포화된 흙에서 토압계수는 연직전응력에 대한 수평전응력의 비다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 주동토압계수, 정지토압계수, 포화토에서의 토압계수 정의를 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

주동토압계수 K_a는 옹벽이 배면에서 멀어져 흙이 팽창할 때의 최소 수평응력 상태를 나타내는 계수이다.
정지토압계수 K_0는 옹벽 배면 흙에 수평변형이 없을 때의 수평응력 상태를 나타내는 계수이다.
포화된 흙의 토압계수는 보통 연직유효응력에 대한 수평유효응력의 비로 정의하고, 간극수압은 따로 고려한다.
Rankine 주동토압계수는 $K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$이므로 내부마찰각 ϕ가 커질수록 감소한다.

선지별 해설

① O
내부마찰각 ϕ가 증가하면 Rankine 주동토압계수 K_a가 감소하므로 주동토압도 감소한다.

② O
점착성 흙에서는 인장균열깊이 $z_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$로 보아 점착력 c가 클수록 인장균열깊이가 커진다.

③ O
정지토압은 옹벽 배면 흙에 수평변형이 발생하지 않는 상태의 토압이다. 따라서 연직 옹벽, 수평 배면 조건에서 옹벽 배면의 수평변형이 없으면 정지토압계수 K_0를 적용한다.

④ X
틀린 부분은 "연직전응력에 대한 수평전응력의 비"라는 표현이다.
포화된 흙에서 토압계수는 일반적으로 연직유효응력에 대한 수평유효응력의 비로 본다. 전응력으로 정의하면 간극수압의 영향을 분리하지 못하므로 토압계수의 본래 의미와 어긋난다.

NoteBase

오답 포인트

③과 ④가 함께 함정이다. 수평변형이 없으면 K_0라는 조건을 놓치면 ③을 틀리기 쉽고, 포화토에서 전응력과 유효응력을 혼동하면 ④를 맞는 말처럼 보기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 옹벽의 변형 조건을 보고 K_a, K_0, K_p 중 어떤 상태인지를 구분한다. 그다음 포화토가 나오면 토압계수는 유효응력 기준이고 간극수압은 별도로 더한다는 점을 확인하면 된다.

암기 포인트

변형이 없으면 K_0, 벽이 물러나면 K_a, 포화토의 토압계수는 유효응력비이다.

NoteBase

문 5. 현장에서 채취한 흙 시료의 비중이 2.7, 간극률이 50%이고, 실내 표준다짐 시 최대 건조단위중량이 15 kN/m^{3}일 때, 흙의 다짐도 [%]는? (단, 물의 단위중량은 10kN/m^{3}이다)

① 80

② 85

③ 90

④ 95

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 간극률로 현장 건조단위중량을 구한 뒤 표준다짐 최대 건조단위중량과 비교하여 다짐도를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 흙 입자의 비중 $G_s = 2.7$, 간극률 $n = 0.5$, 물의 단위중량 $\gamma_w = 10kN/m^3$, 표준다짐 최대 건조단위중량 $\gamma_{d\max} = 15kN/m^3$이다.
구해야 할 값: 현장 흙의 다짐도이다.
주의할 조건: 간극률 n은 전체 체적 중 공극 체적의 비율이므로 고체 체적비는 $1 - n = 0.5$이다.

사용할 공식

현장 건조단위중량은 $\gamma_d = G_s(1 - n)\gamma_w$이다.
다짐도는 $D_c = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d\max}} \times 100$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 비중과 간극률이 주어졌으므로 먼저 현장 상태의 건조단위중량을 구할 수 있고, 다짐도는 그 값을 실내 표준다짐 최대 건조단위중량과 비교한 백분율이기 때문이다.

계산 과정

1. 현장 건조단위중량을 구하면 $\gamma_d = G_s(1 - n)\gamma_w = 2.7 \times (1 - 0.5) \times 10 = 13.5kN/m^3$이다.
2. 다짐도를 구하면 $D_c = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d\max}} \times 100 = \frac{13.5}{15} \times 100 = 90\%$이다.
3. 계산 결과가 90%이므로 정답은 3번이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 80%는 다짐도를 12/15 × 100으로 본 값이다. 이 문제의 현장 건조단위중량은 $13.5kN/m^3$이므로 틀린 수치이다. 올바르게는 90%이다.
2번 X: 85%는 다짐도를 12.75/15 × 100으로 본 값이다. 계산 결과와 맞지 않으므로 틀린 수치이다.
올바르게는 90%이다.
3번 O: $\gamma_d = 13.5kN/m^3$, $D_c = 90\%$이므로 옳다.
4번 X: 95%는 다짐도를 14.25/15 × 100으로 본 값이다. 주어진 비중과 간극률에서 그런 현장 건조단위중량은 나오지 않으므로 틀린 수치이다. 올바르게는 90%이다.

오답 포인트

간극률 50%를 보고 바로 다짐도를 추정하거나, 간극률 n과 간극비 e를 혼동하면 오답이 된다. 이 문제의 핵심은 먼저 $1-n$으로 고체 체적비를 구해 현장 건조단위중량 $13.5kN/m^3$을 만든 뒤, 이를 $15kN/m^3$와 비교하는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

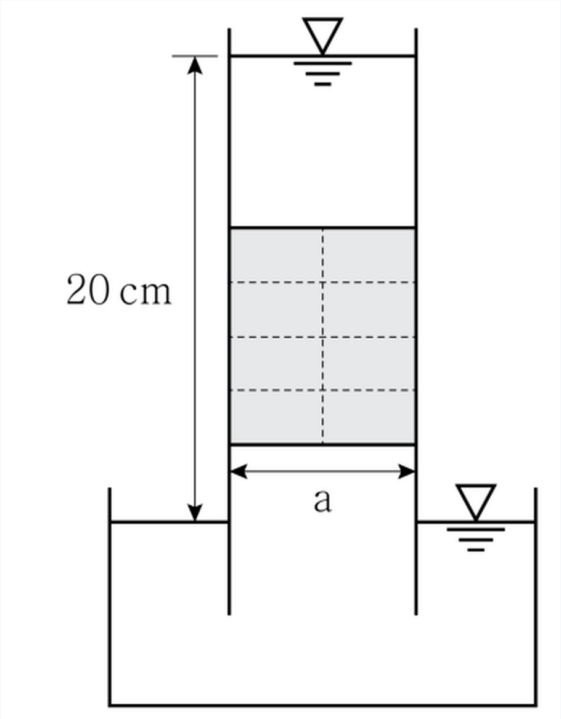
다짐도 문제는 현장 상태의 건조단위중량 γ_d를 먼저 구하고, 마지막에 $\gamma_{d\max}$로 나누어 백분율로 바꾸는 순서로 판단한다. 간극률이 주어지면 $1-n$이 고체 체적비라는 점을 먼저 확인하면 계산이 바로 정리된다.

암기 포인트

간극률이 주어지면 $\gamma_d = G_s(1-n)\gamma_w$, 다짐도는 $D_c = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d\max}} \times 100$이다.

NoteBase

문 6. 투수계수가 $0.5 \times 10^{-3} cm/sec$인 흙으로 채워진 기둥에서 $10^{-3} cm/sec$의 유속으로 물이 흐르고 있다. 흙의 유선망이 그림과 같을 때, 흙기둥의 너비 $a[cm]$는? (단, 흙기둥의 폭은 $1cm$이다)



① 5

② 10

③ 15

④ 20

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 유선망의 침투량 공식과 단면 평균 유속 관계를 이용해 흙기둥의 너비 a를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 투수계수 $k = 0.5 \times 10^{-3} cm/s$, 단면 평균 유속 $v = 10^{-3} cm/s$, 전수두차 $H = 20cm$, 흙기둥의 폭 $b = 1cm$이다.
그림의 유선망에서 가운데 세로 점선과 양쪽 경계로 흐름통로 수는 $N_f = 2$이다.
가로 점선 3개가 있어 등수두 강하 수는 $N_d = 4$이다.
구해야 할 값은 흙기둥의 너비 a이다.

NoteBase

사용할 공식

유선망의 침투량은 $Q = kH\frac{N_f}{N_d}b$이다.
단면 평균 유속은 $v = \frac{Q}{ab}$이다.
따라서 $v = \frac{kH(N_f/N_d)}{a}$가 된다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 투수계수, 전수두차, 유선망, 폭 b가 모두 주어져 있어 먼저 침투량 Q를 구한 뒤 이를 단면적 ab로 나누어 평균 유속과 연결할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 유선망으로 침투량을 구하면 $Q = 0.5 \times 10^{-3} \times 20 \times \frac{2}{4} \times 1 = 5 \times 10^{-3} cm^3/s$이다.
2. 평균 유속식 $v = \frac{Q}{ab}$에 대입하면 $10^{-3} = \frac{5 \times 10^{-3}}{a \times 1}$이다.
3. 이를 풀면 $a = 5cm$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과가 $a = 5cm$이므로 맞는 선택지이다.
② X: $10cm$는 유선망 비 $\frac{N_f}{N_d} = \frac{2}{4}$를 반영하지 않고 $Q = kHb$처럼 계산했을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 'a=10 cm'이고, 올바르게는 'a=5 cm'이다.
③ X: $15cm$는 그림의 흐름통로 수나 등수두 강하 수를 잘못 세어 만든 값으로, 제시된 유선망과 맞지 않는다. 틀린 표현은 'a=15 cm'이고, 올바르게는 'a=5 cm'이다.
④ X: $20cm$는 $\frac{N_f}{N_d}$를 거꾸로 $\frac{N_d}{N_f}$로 두거나, 전수두차 $20cm$를 그대로 너비로 착각했을 때의 오답이다. 틀린 표현은 'a=20 cm'이고, 올바르게는 'a=5 cm'이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 전수두차 $20cm$와 너비 a를 혼동하거나, 유선망에서 N_f와 N_d를 반대로 세는 데 있다. 특히 가운데 세로 점선은 흐름통로를 둘로 나누는 유선이고, 가로 점선 3개는 4개의 등수두 강하를 만든다는 점을 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

유선망 계산형은 먼저 N_f와 N_d를 센 뒤 $Q = kH\frac{N_f}{N_d}b$로 침투량을 구하고, 마지막에 $v = Q/A$로 단면적과 연결해 미지수를 정리하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

유선망 침투량은 $Q = kH\frac{N_f}{N_d}b$, 평균 유속은 $v = Q/A$이므로 유선망 문제는 '침투량 먼저, 단면적 나중' 구조이다.

NoteBase

문 7. 두께 4 m인 포화된 점토층에서 1차 압밀 침하가 0.4 m 발생하였을 때, 압밀 후 점토층의 간극비는? (단, 점토의 비중은 2.5, 초기 함수비는 40 %이다)

① 0.8

② 1.0

③ 1.2

④ 1.4

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 포화 점토의 초기 공극비를 함수비와 비중으로 구한 뒤, 1차 압밀 침하식으로 압밀 후 공극비를 계산할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 점토층 두께 $H = 4m$, 1차 압밀 침하량 $S_c = 0.4m$, 점토의 비중 $G_s = 2.5$, 초기 함수비 $w = 0.40$이다.
포화 점토이므로 초기 공극비는 $e_0 = wG_s$로 구할 수 있다.
구해야 할 값은 압밀 후 공극비 e_1이다.

사용할 공식

포화토의 관계식은 $e_0 = wG_s$이다.
1차 압밀 침하식은 $S_c = H\frac{e_0 - e_1}{1 + e_0}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 1차 압밀 침하가 점토층의 공극비 감소에 의해 발생하므로, 침하량과 층두께를 이용하면 압밀 전후의 공극비 변화를 직접 연결할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 초기 공극비를 구하면 $e_0 = wG_s = 0.40 \times 2.5 = 1.0$이다.
2. 침하식에 대입하면 $0.4 = 4 \times \frac{1.0 - e_1}{1 + 1.0} = 4 \times \frac{1.0 - e_1}{2}$이다.
3. 정리하면 $0.4 = 2(1.0 - e_1)$, 따라서 $0.2 = 1.0 - e_1$이다.
4. 그러므로 $e_1 = 0.8$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산 결과 압밀 후 공극비는 0.8이므로 옳다.
2번 X: 1.0은 초기 공극비 e_0 값이다. 틀린 표현은 압밀 후 공극비를 초기 공극비와 같게 본 점이며, 올바르게는 압밀 후 공극비는 0.8이다.
3번 X: 1.2는 압밀 후 공극비가 오히려 증가한 값이어서 압밀 현상과 맞지 않는다. 틀린 표현은 침하로 공극비가 감소한다는 방향을 거꾸로 본 점이며, 올바르게는 압밀 후 공극비는 0.8으로 감소한다.
4번 X: 1.4는 침하량 $0.4m$나 함수비 40%를 공극비에 그대로 더한 식의 오해에서 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현은 길이 또는 함수비를 공극비 변화량으로 직접 본 점이며, 올바르게는 침하식을 적용해 $e_1 = 0.8$을 구해야 한다.

오답 포인트

포화 점토에서 $e = wG_s$ 관계를 놓치면 초기 공극비 자체를 틀리기 쉽다. 또 압밀은 공극비가 감소하는 현상인데, $e_0 - e_1$의 부호를 반대로 두거나 침하량 $0.4m$를 공극비 변화량으로 직접 해석하면 3번이나 4번 같은 오답으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

포화 점토의 압밀 계산 문제는 먼저 $e_0 = wG_s$로 초기 공극비를 구하고, 다음에 $S_c = H(e_0 - e_1)/(1 + e_0)$에 대입해 압밀 전후 공극비의 감소량을 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

포화토는 $e = wG_s$, 압밀침하는 $S_c = H(e_0 - e_1)/(1 + e_0)$, 압밀 후 공극비는 반드시 감소한다.

NoteBase

문 8. 모래층 사이에 두께 4m인 포화된 점토층이 있고, 상부 모래층 지표면에 무한 등분포 하중 200kPa을 가하였다. 하중을 가하기 전, 점토층의 평균 유효연직응력이 100kPa일 때, 1차 압밀 침하량[cm]은? (단, 점토층의 선행압밀압력 $\sigma'_p = 200\text{kPa}$, 압축지수 $C_c = 0.5$, 재압축지수 $C_r = 0.1$, 초기간극비 $e_0 = 1.0$이고, $\log_{10} 2 = 0.3$, $\log_{10} 3 = 0.48$이다)

① 6

② 12

③ 24

④ 48

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 과압밀 점토에서 최종 유효응력이 선행압밀압력을 넘어설 때 재압축 구간과 정규압밀 구간을 나누어 1차 압밀침하량을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 점토층 두께 4 m, 초기 평균 유효연직응력 100 kPa, 선행압밀압력 200 kPa, 등분포 하중 200 kPa, $C_c = 0.5$, $C_r = 0.1$, $e_0 = 1.0$이다.
구해야 할 값은 1차 압밀 침하량이다.
무한 등분포 하중이므로 점토층 전 깊이에서 응력증가량을 $200kPa$로 본다.

사용할 공식

과압밀 점토가 선행압밀압력까지는 재압축지수, 그 이후는 압축지수를 사용하므로
$S = \frac{H}{1+e_0}\left[C_r \log\left(\frac{\sigma'_p}{\sigma'_0}\right) + C_c \log\left(\frac{\sigma'_f}{\sigma'_p}\right)\right]$
를 적용한다.
이 문제는 초기 유효응력 $100kPa$에서 최종 유효응력 $300kPa$까지 증가하고, 그 중간에 선행압밀압력 $200kPa$가 있으므로 한 구간으로 계산하면 안 된다.

NoteBase

계산 과정

최종 평균 유효연직응력은 $\sigma'_f = 100 + 200 = 300kPa$이다.
재압축 구간은 $100 \rightarrow 200kPa$이므로
$C_r \log\left(\frac{200}{100}\right) = 0.1 \times 0.3 = 0.03$
정규압밀 구간은 $200 \rightarrow 300kPa$이므로
$C_c \log\left(\frac{300}{200}\right) = 0.5 \times \log(1.5) = 0.5 \times (0.48 - 0.3) = 0.09$
따라서
$S = \frac{4}{1+1.0}(0.03 + 0.09) = 2 \times 0.12 = 0.24m = 24cm$
이므로 정답은 3번이다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 24 cm이므로 6 cm는 맞지 않는다. 이 값은 하중 증가를 점토층 전체에 반영하지 않거나 C_r만 적용하는 식으로 과소평가할 때 나올 수 있다. 틀린 표현은 침하량을 너무 작게 본 점이며, 올바르게는 24 cm이다.
2번 X: 계산 결과는 24 cm이므로 12 cm는 맞지 않는다. 이 값은 $\frac{H}{1+e_0} = 2m$까지는 맞게 두고 로그항 하나를 빠뜨릴 때 나올 수 있다. 틀린 표현은 재압축 구간과 정규압밀 구간 중 하나를 누락한 점이며, 올바르게는 두 구간을 모두 합산해야 한다.
3번 O: 재압축 구간 $100 \rightarrow 200kPa$와 정규압밀 구간 $200 \rightarrow 300kPa$를 나누어 계산하면 침하량은 24 cm가 된다.
4번 X: 계산 결과는 24 cm이므로 48 cm는 맞지 않는다. 이 값은 $\frac{H}{1+e_0}$에서 $1 + e_0 = 2$로 나누지 않고 두께 4 m를 그대로 곱하는 실수로 이어지기 쉽다. 틀린 표현은 간극비 보정 없이 두께를 그대로 쓴 점이며, 올바르게는 $\frac{H}{1+e_0}$를 사용해 24 cm로 계산한다.

오답 포인트

선행압밀압력 $200kPa$를 기준으로 구간을 나누지 않으면 오답이 된다. 특히 $100 \rightarrow 300kPa$ 전 구간에 C_c만 쓰거나 C_r만 쓰는 실수, 또는 $\frac{H}{1+e_0}$를 빠뜨리는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

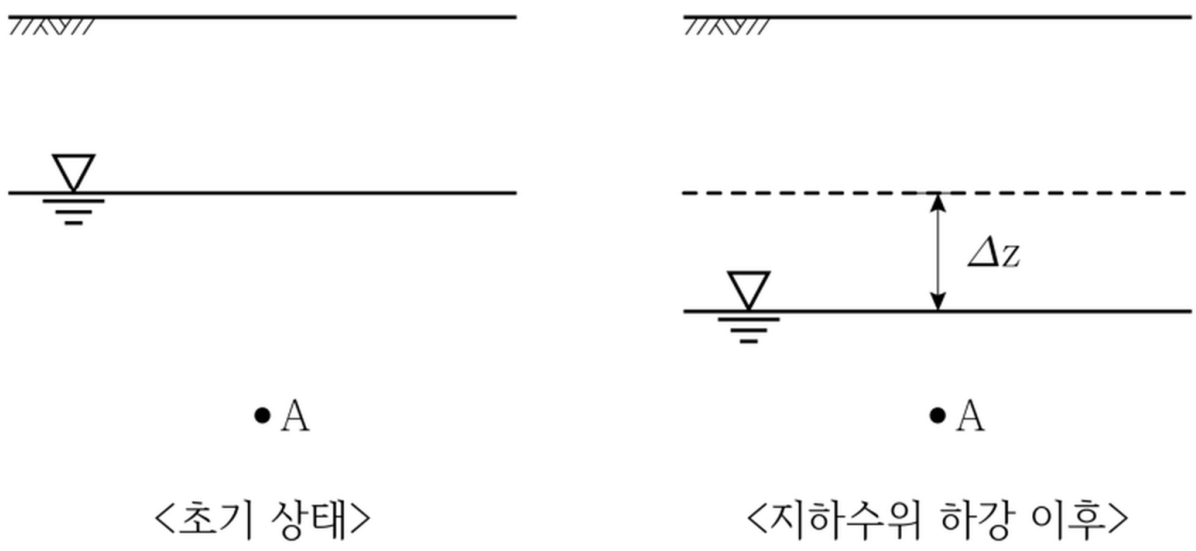
압밀침하 문제는 먼저 최종 유효응력을 구한 뒤 그 값이 선행압밀압력을 넘는지 확인한다. 넘으면 $\sigma'_0 \rightarrow \sigma'_p$는 C_r, $\sigma'_p \rightarrow \sigma'_f$는 C_c로 나누어 계산하는 방식으로 판단한다.

암기 포인트

과압밀 점토의 압밀침하는 선행압밀압력 전까지 C_r, 그 이후는 C_c를 적용한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 지하수위가 Δz만큼 하강할 경우, A지점에서 발생하는 현상에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 흙의 모세관 현상은 무시한다)



① 연직전응력은 일정하고 간극수압이 증가하여, 지반은 팽창하고 강도가 감소한다.

② 연직전응력은 일정하고 간극수압이 감소하여, 지반은 침하하고 강도는 증가한다.

③ 연직전응력과 간극수압이 서로 같은 양만큼 감소하여, 지반의 상태 변화는 없다.

④ 연직전응력과 간극수압이 모두 감소하지만, 둘의 감소량이 서로 달라 지반은 침하하고 강도는 증가한다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 도식에서 지하수위가 Δz만큼 하강할 때 A점의 연직전응력 σ_v, 간극수압 u, 유효응력 σ'_v의 변화를 판단하는 문제이다. 지하수위가 내려가면 A점의 간극수압은 감소하고, 연직전응력도 일부 감소하지만 u의 감소량이 더 커서 $\sigma'_v = \sigma_v - u$는 증가한다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 지하수위 하강 시 A점의 간극수압은 증가하지 않고 감소한다. 유효응력은 증가하므로 지반은 팽창하기보다 침하하고 강도는 증가한다. 틀린 표현은 "간극수압이 증가하여, 지반은 팽창하고 강도가 감소한다"이고, 올바르게는 "간극수압이 감소하여, 지반은 침하하고 강도는 증가한다"이다.
② X: 간극수압 감소, 지반 침하, 강도 증가의 방향은 맞지만 연직전응력이 일정하다는 부분이 틀리다. 지하수위 위로 바뀐 토층에서는 물이 빠져나가 상재하중이 줄어들므로 A점의 연직전응력도 감소한다. 틀린 표현은 "연직전응력은 일정하고"이고, 올바르게는 "연직전응력도 감소하지만 간극수압이 더 크게 감소하여"이다.
③ X: 연직전응력과 간극수압이 같은 양만큼 감소하면 유효응력 변화가 없어야 하지만, 실제로는 간극수압 감소량이 더 크다. 따라서 유효응력이 증가하여 지반 상태가 변한다. 틀린 표현은 "서로 같은 양만큼 감소하여, 지반의 상태 변화는 없다"이고, 올바르게는 "둘 다 감소하지만 간극수압이 더 크게 감소하여 유효응력이 증가하고 지반은 침하한다"이다.
④ O: 지하수위 하강으로 A점의 연직전응력과 간극수압은 모두 감소한다. 다만 간극수압 감소량이 더 커서 유효응력이 증가하므로 지반은 침하하고 전단강도도 증가한다.

오답 포인트

지하수위 하강을 보면 간극수압 감소만 떠올리고 연직전응력을 일정하다고 처리하기 쉽다. 그러나 지하수위 위로 바뀐 토층의 자중도 함께 달라지므로 σ_v와 u를 모두 따져야 한다. 이 문항의 함정은 "둘 다 감소한다"는 사실만 보고 ③과 ④를 혼동하게 만드는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

지하수위 변화 문제는 A점이 여전히 지하수위 아래에 있는지부터 확인한다. 그다음 u는 수두 변화만큼 직접 감소하고, σ_v는 상부 토층 자중 변화만큼만 감소하므로 보통 u 감소가 더 크다고 판단하면 유효응력 증가, 침하, 강도 증가로 연결된다.

암기 포인트

지하수위 하강은 $u\downarrow$, $\sigma_v\downarrow$, 그러나 $\sigma'\uparrow$이므로 침하와 강도 증가로 이어진다.

NoteBase

문 10. 사질토 지반에서 직경 40cm의 재하판으로 평판재하시험 시 하중 200kN/m²를 가하였을 때, 침하량이 25mm 발생하였다. 동일한 하중에서 직경 3.6m인 실제기초의 침하량[mm]은?

① 45

② 81

③ 180

④ 225

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 사질토에서 평판재하시험 결과를 실제기초 크기로 환산하는 침하량 보정식을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 재하판 직경은 $0.4m$, 실제기초 직경은 $3.6m$, 재하판 침하량은 $25mm$이다.
구해야 할 값: 동일한 하중에서 실제기초의 침하량이다.
주의할 조건: 사질토이므로 재하판 침하량을 실제기초 침하량으로 환산할 때 크기 보정식을 제곱 형태로 적용한다.

사용할 공식

사질토에서 실제기초 침하량은 $S_f = S_p\left(\frac{2B_f}{B_f + B_p}\right)^2$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 사질토는 기초 폭이 커질수록 응력 전파 범위가 달라져 침하량이 재하판보다 크게 나타나므로, 재하판 폭 B_p와 실제기초 폭 B_f를 함께 반영하는 크기 보정식을 사용한다.

계산 과정

1. 재하판 직경과 실제기초 직경을 공식에 대입한다.
$S_f = 25\left(\frac{2 \times 3.6}{3.6 + 0.4}\right)^2$
2. 괄호 안을 계산하면 $\frac{7.2}{4.0} = 1.8$이다.
3. 따라서 $S_f = 25 \times 1.8^2 = 25 \times 3.24 = 81mm$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 45 mm는 $\frac{2B_f}{B_f+B_p}$까지만 계산하고 제곱을 누락했을 때의 값이다. 이 문제의 올바른 침하량은 81 mm이다.

② O

- 계산 결과가 $81mm$이므로 옳다. 사질토의 평판재하시험 보정식은 폭비를 제곱하여 적용한다.

③ X

- 180 mm는 분모 B_f+B_p를 반영하지 않고 $2B_f=7.2$만 곱한 오답이다. 올바르게는 $(\frac{7.2}{4.0})^2$를 적용해 81 mm가 된다.

④ X

- 225 mm는 실제기초 직경과 재하판 직경의 단순 비 $\frac{3.6}{0.4}=9$를 그대로 곱한 값이다. 사질토 침하 환산은 단순 직경비가 아니라 보정식 $\left(\frac{2B_f}{B_f+B_p}\right)^2$를 써야 하므로 틀리고, 올바른 값은 81 mm이다.

오답 포인트

사질토라는 조건을 놓치고 단순 직경비 $\frac{B_f}{B_p}$를 곱하거나, 보정식에서 제곱을 빠뜨리면 45 mm나 225 mm 같은 오답이 나온다. 이 문제의 함정은 사질토용 크기 보정식을 정확히 적용하는지에 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

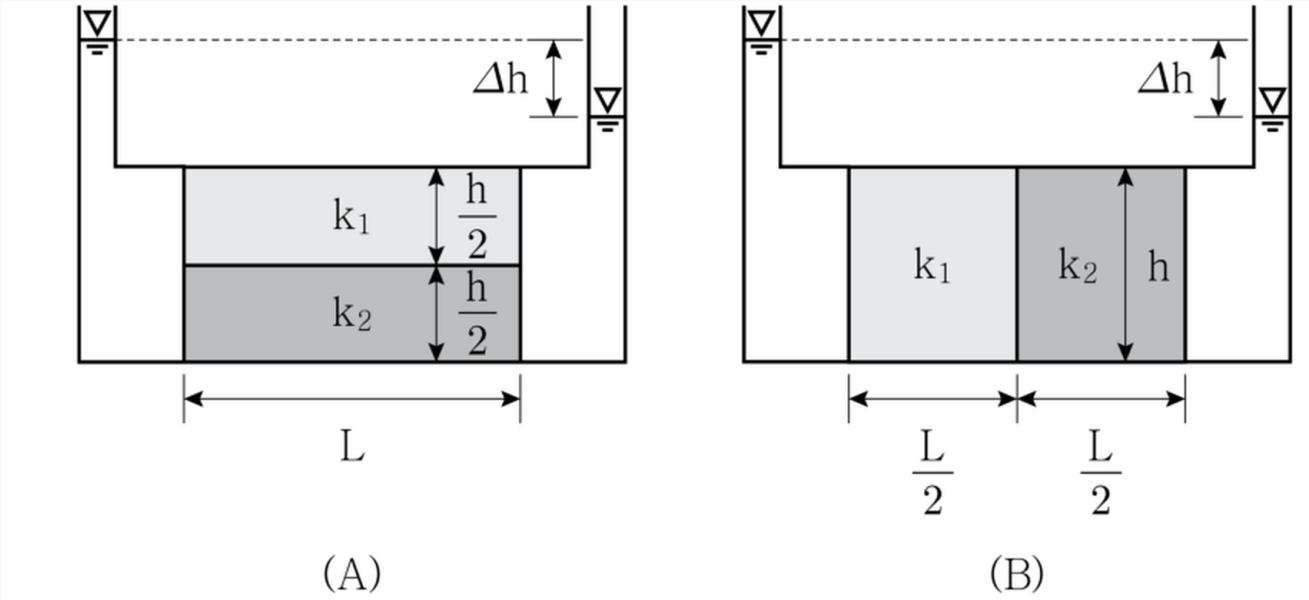
평판재하시험 환산 문제는 먼저 지반이 사질토인지 점성토인지 구분한 뒤, 사질토이면 $S_f=S_p\left(\frac{2B_f}{B_f+B_p}\right)^2$를 적용하고 마지막에 제곱과 단위를 검산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

사질토 평판재하시험 침하 환산은 직경비 단순비례가 아니라 $\frac{2B_f}{B_f+B_p}$의 제곱 보정이다.

NoteBase

문 11. 그림과 같이 투수계수가 다른 두 개의 시료가 수평 및 수직으로 이루어졌을 때, (A)와 (B)의 등가투수계수비 $\left[\frac{k_A}{k_B}\right]$는? (단, 투수계수 k_1은 투수계수 k_2의 2배이고, 물이 통과하는 시료의 단면적은 동일하다)



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

정답 3번

출제 포인트

수평 흐름에서 층이 흐름 방향에 대해 병렬인지 직렬인지 구분하여 등가투수계수를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $k_1 = 2k_2$이다.
(A)는 두 층의 두께가 각각 $h/2$이고 흐름 방향은 수평이므로 병렬층이다.
(B)는 각 층의 길이가 각각 $L/2$이고 흐름 방향은 수평이므로 직렬층이다.
물이 통과하는 전체 단면적은 동일하므로 (A)에서는 면적가중평균, (B)에서는 직렬 합성 공식을 적용한다.

NoteBase

사용할 공식

(A) 병렬층의 등가투수계수는 $k_A = \frac{k_1 A_1 + k_2 A_2}{A_1 + A_2}$이다.
(B) 직렬층의 등가투수계수는 $k_B = \frac{L}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 (A)는 같은 수두차에서 유량이 두 층으로 나뉘고, (B)는 같은 유량이 두 층을 차례로 통과하기 때문이다.

계산 과정

$A_1 = A_2$, $L_1 = L_2 = L/2$이므로 $k_A = \frac{k_1 + k_2}{2}$이다.
또한 $k_B = \frac{L}{\frac{L/2}{k_1} + \frac{L/2}{k_2}} = \frac{2k_1 k_2}{k_1 + k_2}$이다.
$k_1 = 2k_2$를 대입하면 $k_A = \frac{3}{2}k_2$, $k_B = \frac{4}{3}k_2$이다.
따라서 $\frac{k_A}{k_B} = \frac{\frac{3}{2}k_2}{\frac{4}{3}k_2} = \frac{9}{8}$이다.

선지별 해설

① X: $\frac{3}{2}$는 (A)의 등가투수계수를 k_2로 나눈 값일 뿐, $\frac{k_A}{k_B}$는 아니다. 올바르게는 등가투수계수비가 $\frac{9}{8}$이다.
② X: $\frac{4}{3}$는 (B)의 등가투수계수를 k_2로 나눈 값일 뿐, $\frac{k_A}{k_B}$는 아니다. 올바르게는 등가투수계수비가 $\frac{9}{8}$이다.
③ O: (A)는 병렬층이므로 산술평균, (B)는 직렬층이므로 조화평균 형태로 계산한다. $k_1 = 2k_2$를 대입하면 $\frac{k_A}{k_B} = \frac{9}{8}$이 되어 맞다.
④ X: 2는 주어진 $k_1 : k_2$의 비일 뿐, 두 시료의 등가투수계수비는 아니다. 올바르게는 병렬과 직렬 합성을 각각 계산한 뒤 $\frac{9}{8}$로 판단한다.

오답 포인트

(A)와 (B)를 모두 같은 평균 공식으로 처리하면 오답이 된다. (A)는 흐름에 대해 병렬 배치라 큰 투수계수가 직접 평균에 반영되고, (B)는 직렬 배치라 작은 투수계수가 전체 저항을 크게 지배한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

수평 흐름 문제에서는 먼저 각 층이 흐름 방향에 대해 나란한지, 차례로 놓였는지를 본다. 나란하면 병렬이므로 면적가중평균을, 차례로 놓이면 직렬이므로 길이 기준 역수합 공식을 적용하면 된다.

암기 포인트

투수계수 합성은 병렬이면 산술평균 쪽, 직렬이면 조화평균 쪽으로 간다.

NoteBase

문 12. 얕은기초 하부지반에서 국부전단파괴가 발생할 때, Terzaghi 극한지지력 공식에서 점착력과 내부마찰각의 감소강도정수로 옳은 것은?

① 감소점착력 c': $\frac{1}{3}c$, 감소내부마찰각 ϕ': $\tan^{-1}\left(\frac{1}{3}\tan\phi\right)$
② 감소점착력 c': $\frac{2}{3}c$, 감소내부마찰각 ϕ': $\tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\tan\phi\right)$
③ 감소점착력 c': $\frac{1}{4}c$, 감소내부마찰각 ϕ': $\tan^{-1}\left(\frac{1}{4}\tan\phi\right)$
④ 감소점착력 c': $\frac{3}{4}c$, 감소내부마찰각 ϕ': $\tan^{-1}\left(\frac{3}{4}\tan\phi\right)$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 얕은기초 하부지반에서 국부전단파괴가 발생할 때 Terzaghi 극한지지력식에 적용하는 감소점착력과 감소내부마찰각의 환산식을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 얕은기초 하부지반에서 국부전단파괴가 발생한다.
구해야 할 값: Terzaghi 공식에 넣을 감소점착력 c'와 감소내부마찰각 ϕ'이다.
주의할 조건: 국부전단파괴에서는 ϕ 자체를 바로 줄이는 것이 아니라 $\tan\phi$를 $\frac{2}{3}$로 줄여서 ϕ'를 다시 구한다.

사용할 공식

국부전단파괴에 대한 감소계수는 $c' = \frac{2}{3}c$, $\tan\phi' = \frac{2}{3}\tan\phi$이다. 따라서 감소내부마찰각은 $\phi' = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\tan\phi\right)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 국부전단파괴에서는 전단강도가 완전히 동원되지 않으므로 Terzaghi가 점착력과 마찰성분을 모두 감소시켜 극한지지력을 평가하기 때문이다.

계산 과정

1. 국부전단파괴 조건에서 점착력 성분은 $c' = \frac{2}{3}c$로 감소시킨다.
2. 마찰성분은 ϕ를 직접 줄이지 않고 $\tan\phi' = \frac{2}{3}\tan\phi$로 둔다.
3. 따라서 ϕ'는 $\phi' = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\tan\phi\right)$가 된다.
4. 두 조건을 동시에 만족하는 선지는 ②이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 국부전단파괴의 감소점착력은 $\frac{1}{3}c$가 아니라 $\frac{2}{3}c$이다. 감소내부마찰각도 $\tan^{-1}\left(\frac{1}{3}\tan\phi\right)$가 아니라 $\tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\tan\phi\right)$이다. 틀린 표현은 "$\frac{1}{3}c$, $\tan^{-1}\left(\frac{1}{3}\tan\phi\right)$"이고, 올바르게는 "$\frac{2}{3}c$, $\tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\tan\phi\right)$"이다.
② O: 감소점착력 $c' = \frac{2}{3}c$와 감소내부마찰각 $\phi' = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\tan\phi\right)$를 정확히 적었다. 국부전단파괴에서 Terzaghi가 사용하는 표준 감소식과 일치하므로 옳다.
③ X: $\frac{1}{4}c$와 $\tan^{-1}\left(\frac{1}{4}\tan\phi\right)$는 감소를 과도하게 적용한 값이다. 틀린 표현은 "$\frac{1}{4}c$, $\tan^{-1}\left(\frac{1}{4}\tan\phi\right)$"이고, 올바르게는 "$\frac{2}{3}c$, $\tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\tan\phi\right)$"이다.
④ X: $\frac{3}{4}c$와 $\tan^{-1}\left(\frac{3}{4}\tan\phi\right)$는 감소가 부족한 값이다. 틀린 표현은 "$\frac{3}{4}c$, $\tan^{-1}\left(\frac{3}{4}\tan\phi\right)$"이고, 올바르게는 "$\frac{2}{3}c$, $\tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\tan\phi\right)$"이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 감소내부마찰각을 외울 때 ϕ를 직접 $\frac{2}{3}$배 하는 것으로 착각하거나, 감소점착력의 계수를 $\frac{1}{3}$, $\frac{3}{4}$처럼 임의의 비율로 혼동하는 데 있다. 핵심은 국부전단파괴에서 줄어드는 대상이 c와 $\tan\phi$라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

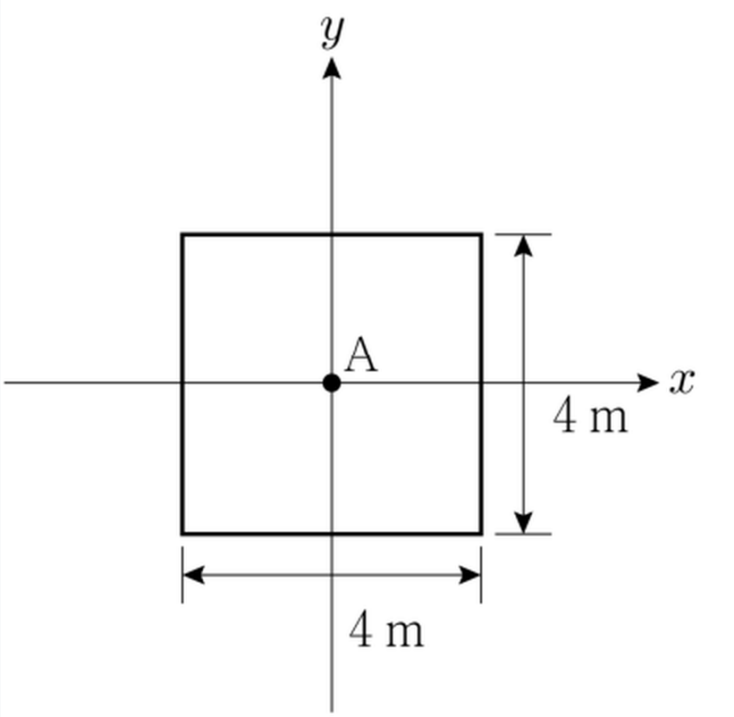
국부전단파괴가 보이면 먼저 Terzaghi 감소식부터 떠올린다. 그다음 c는 $\frac{2}{3}$로, $\tan\phi$도 $\frac{2}{3}$로 줄인 뒤 ϕ'를 역탄젠트로 다시 표현한 선지를 고르면 된다.

암기 포인트

국부전단파괴에서는 c와 $\tan\phi$를 함께 $\frac{2}{3}$로 줄인다고 기억해 둔다.

NoteBase

문 13. 그림과 같이 정사각형 기초의 중앙 A점에 연직하중 200kN, x방향 모멘트 100kN · m, y방향 모멘트 100kN · m가 작용한다. 기초의 극한지지력이 100kN/m²일 때, 유효면적법으로 구한 극한하중[kN]은?



① 700

② 800

③ 900

④ 1000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 유효면적법에서 편심거리를 구한 뒤 유효면적과 극한지지력을 곱해 극한하중을 산정할 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

기초는 한 변이 $4m$인 정사각형이다.
연직하중은 $200kN$이고, x방향과 y방향 모멘트는 각각 $100kN \cdot m$이다.
극한지지력은 $100kN/m^2$이며, 구해야 할 값은 유효면적법으로 계산한 극한하중이다.

NoteBase

사용할 공식

유효면적법은 각 방향 편심거리를 구해 유효치수를 줄인 뒤 $Q_u = q_u A'$를 적용한다.
$e = \frac{M}{P}, \quad B' = B - 2e_x, \quad L' = L - 2e_y, \quad A' = B'L', \quad Q_u = q_u A'$
이 문제는 두 방향 모멘트가 동시에 작용하므로 두 방향 모두에서 유효치수를 줄여야 한다.

계산 과정

1. 각 방향 편심거리는 $e_x = e_y = \frac{100}{200} = 0.5m$이다.
2. 유효치수는 $B' = 4 - 2 \times 0.5 = 3m, L' = 4 - 2 \times 0.5 = 3m$이다.
3. 유효면적은 $A' = 3 \times 3 = 9m^2$이다.
4. 극한하중은 $Q_u = 100 \times 9 = 900kN$이다.

선지 판단

1번 X: $700kN$은 계산된 유효면적 $9m^2$와 맞지 않는다. 이 문항의 극한하중은 $700kN$이 아니라 $900kN$이다.
2번 X: $800kN$도 $Q_u = q_u A'$ 계산 결과와 맞지 않는다. 두 방향 모멘트를 모두 반영하면 극한하중은 $800kN$이 아니라 $900kN$이다.
3번 O: 각 방향 편심거리 $0.5m$를 반영한 유효면적이 $9m^2$이므로 극한하중은 $900kN$이다.
4번 X: $1000kN$은 유효면적 감소를 충분히 반영하지 않은 값이다. 유효면적법으로는 $1000kN$이 아니라 $900kN$이 된다.

오답 포인트

편심거리 e를 한 번만 빼거나 한 방향 모멘트만 반영하면 오답이 된다. 유효면적법에서는 각 방향 유효치수를 반드시 원치수-2e로 줄여야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

편심하중 계산형은 먼저 $e = M/P$를 구하고, 다음에 각 방향 유효치수 B', L'를 만든 뒤, 마지막에 $Q_u = q_u A'$를 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

유효면적법은 e 계산 후 $B' = B - 2e_x, L' = L - 2e_y, Q_u = q_u B'L'$ 순서로 정리된다.

NoteBase

문 14. 폭이 2m인 연속기초가 모래지반 지표면 아래 2m 깊이에 설치되었을 때, Terzaghi의 지지력 공식을 통해 산정된 기초의 극한지지력이 50kN/m^{2}이었다. 이 기초의 폭을 4m로 늘리고 지표면 아래 4m 깊이에 설치하는 경우 기초의 극한지지력[kN/m^2]은? (단, 모래지반의 단위중량은 깊이에 관계없이 일정하며, 지하수위의 영향은 무시한다)

① 25

② 50

③ 100

④ 200

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 모래지반의 Terzaghi 연속기초 극한지지력식에서 D_f항과 B항이 어떻게 함께 변하는지를 이용해 새로운 극한지지력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 초기 조건은 폭 2 m, 근입깊이 2 m, 극한지지력 50 kN/m^2이다.
- 변경 조건은 폭 4 m, 근입깊이 4 m이다.

구해야 할 값:
- 변경된 기초의 극한지지력 q_u이다.

주의할 조건:
- 모래지반이므로 점착력항은 없고, 단위중량과 지지력계수는 변하지 않는다.

사용할 공식

연속기초의 모래지반 Terzaghi 극한지지력식은 $q_u = \gamma D_f N_q + 0.5\gamma B N_\gamma$이다.
이 공식을 쓰는 이유:
문제가 연속기초와 모래지반을 직접 제시했고, 단위중량이 일정하므로 D_f와 B의 변화만 반영하면 된다.

NoteBase

계산 과정

초기 조건에서

$50 = \gamma \cdot 2N_q + 0.5\gamma \cdot 2N_\gamma = \gamma(2N_q + N_\gamma)$

변경 조건에서

$q_u' = \gamma \cdot 4N_q + 0.5\gamma \cdot 4N_\gamma = \gamma(4N_q + 2N_\gamma) = 2\gamma(2N_q + N_\gamma)$

따라서

$q_u' = 2 \times 50 = 100(kN/m^2)$

즉 새로운 극한지지력은 100 kN/m^2이다.

선지 판단

1번 X: 25는 초기값 50을 절반으로 잘못 본 값이다. 폭과 근입깊이가 모두 증가했으므로 극한지지력은 감소하지 않는다. 올바른 값은 100 kN/m^2이다.

2번 X: 50은 기초 폭과 근입깊이 변화 효과를 반영하지 않은 값이다. 두 항이 각각 2배가 되므로 초기값과 같을 수 없다. 올바른 값은 100 kN/m^2이다.

3번 O: D_f항과 B항이 모두 정확히 2배가 되므로 전체 극한지지력도 2배가 되어 100 kN/m^2가 된다.

4번 X: 200은 폭과 근입깊이가 각각 2배라는 이유로 전체를 4배로 잘못 키운 값이다. 식의 각 항은 2배가 될 뿐이므로 전체도 2배이다. 올바른 값은 100 kN/m^2이다.

오답 포인트

폭과 근입깊이가 모두 커지면 식 전체가 무조건 4배가 된다고 오해하기 쉽다. 이 문제는 각 항의 계수 구조를 먼저 보고, 기존 식을 묶어서 몇 배가 되는지만 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

기존 극한지지력이 이미 주어지면 새로운 수치를 처음부터 대입하지 말고, 원래 식과 바뀐 식을 나란히 써서 각 항이 몇 배로 변하는지 비교해 판단한다.

암기 포인트

모래지반 연속기초는 $q_u = \gamma D_f N_q + 0.5\gamma B N_\gamma$이며, D_f와 B가 각각 2배이면 전체 극한지지력도 2배가 된다.

NoteBase

문 15. 지표면까지 포화된 무한사면의 파괴조건에서 흙의 내부마찰각과 사면의 경사가 같을 때, 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 사면 안정 해석을 위하여 Bishop의 간편법을 사용한다.

② 사면의 파괴는 원호활동보다는 병진활동에 의해 발생한다.

③ 점성토로 이루어진 사면의 안전율은 사면의 경사, 점착력 등에 의하여 영향을 받는다.

④ 사질토로 이루어진 사면은 수중단위중량과 포화단위중량의 크기만으로 안전율이 결정된다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 포화된 무한사면에서 파괴 형태와 안전율을 지배하는 인자가 무엇인지 구별할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

무한사면은 활동면이 지표면과 거의 평행하게 형성되는 사면으로, 전형적으로 원호활동보다 병진활동으로 해석된다.
포화된 사질토 무한사면에서 $\phi = \beta$이면 안전율은 $F_s = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} \frac{\tan\phi}{\tan\beta} = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}}$가 되어 수중단위중량과 포화단위중량의 비로 정리된다.
점성토 사면의 안전율은 점착력, 사면 경사, 활동깊이 등의 영향을 받는다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 "Bishop의 간편법을 사용한다"는 표현이다. Bishop의 간편법은 원호형 활동면을 가정하는 절편법으로 유한사면의 회전파괴 해석에 주로 쓴다. 이 문항의 무한사면 파괴조건은 사면과 평행한 활동면을 두는 무한사면 해석으로 판단하는 것이 맞다.
2번: O. 무한사면의 파괴는 활동면이 지표와 거의 평행하게 길게 이어지므로 원호활동보다 병진활동으로 보는 것이 맞다.
3번: O. 점성토 사면의 안전율은 점착력의 영향이 크고, 사면 경사와 활동깊이 등도 함께 작용하므로 점착력 등에 의해 영향을 받는다는 설명이 타당하다.
4번: O. 사질토 무한사면에서 $c = 0, \phi = \beta$, 지표면까지 포화라는 조건이면 안전율이 $F_s = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}}$로 정리된다. 따라서 이 조건에서는 수중단위중량과 포화단위중량의 관계만으로 안전율이 결정된다고 볼 수 있다.

오답 포인트

사면 안정 문제라는 이유만으로 Bishop법 같은 절편법을 먼저 떠올리면 1번에 끌리기 쉽다. 그러나 무한사면인지, 활동면이 원호인지 사면과 평행한지부터 구분해야 한다. 또 4번은 평소에는 지나치게 단순해 보이지만, 이 문항은 $\phi = \beta$라는 조건이 붙어 안전율식이 특별히 단순화된다는 점이 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

무한사면 문제가 나오면 먼저 파괴형태를 병진활동으로 잡고, 그다음 흙의 종류와 배수조건을 본다. 사질토인지 점성토인지, 포화 여부가 어떠한지, 그리고 ϕ와 사면경사 β의 관계가 어떻게 주어졌는지를 확인하면 정답 선지가 빠르게 정리된다.

암기 포인트

무한사면은 병진활동, Bishop은 원호활동, 포화 사질토에서 $\phi = \beta$이면 안전율은 γ'/γ_{sat}이다.

문 16. 배면지반이 수평이고 높이가 9m인 연직 옹벽에서 배면 흙의 단위중량은 20kN/m^3, 내부마찰각은 30°, 점착력은 10kPa일 때, 발생하는 인장균열길이[m]는?

① 1
② $\sqrt{3}$
③ 2
④ $2\sqrt{3}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 점착성 흙의 Rankine 주동토압식에서 인장균열깊이 z_c를 구할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 벽 높이 9, 흙의 단위중량 $\gamma = 20kN/m^3$, 내부마찰각 $\varphi = 30°$, 점착력 $c = 10kPa$이다.
구해야 할 값: 인장균열길이 z_c이다.
주의할 조건: 수평 배면의 $c-\varphi$ 흙이므로 K_a를 먼저 구한 뒤 $z_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$를 적용한다.

사용할 공식

주동토압계수는 $K_a = \frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi} = \tan^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)$이다.
인장균열깊이는 $\sigma_h = K_a\gamma z - 2c\sqrt{K_a} = 0$이 되는 깊이이므로 $z_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 점착력이 있으면 지표 부근 주동수평응력이 음수가 되어 균열이 생기고, 그 경계 깊이가 바로 인장균열깊이이기 때문이다.

계산 과정

1. $\varphi = 30°$이므로 $K_a = \frac{1-\sin 30°}{1+\sin 30°} = \frac{1-0.5}{1+0.5} = \frac{1}{3}$이다.
2. 따라서 $\sqrt{K_a} = \sqrt{\frac{1}{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}}$이다.
3. 인장균열깊이는 $z_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}} = \frac{2\times 10}{20\times(1/\sqrt{3})} = \sqrt{3}$이다.
4. $\sqrt{3} \approx 1.732$이므로 벽 높이 9보다 작아 실제로 그 길이만큼 인장균열이 형성될 수 있다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 1은 $z_c = \frac{2c}{\gamma}$처럼 내부마찰각의 영향을 빼고 계산한 값이다. 틀린 표현은 '마찰각 영향이 없다'는 전제이고, 올바르게는 $\sqrt{K_a}$를 분모에 포함해야 한다.
2번 O: $K_a = \frac{1}{3}$, $\sqrt{K_a} = \frac{1}{\sqrt{3}}$를 대입하면 $z_c = \sqrt{3}$이 된다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.
3번 X: 2는 인장균열깊이를 과대평가한 값이다. 틀린 표현은 '균열깊이가 2'라는 결론이고, 올바르게는 $z_c = \sqrt{3}$이다.
4번 X: $2\sqrt{3}$은 인장균열깊이의 두 배로, 무지지 연직절토의 한계높이 $H_c = \frac{4c}{\gamma\sqrt{K_a}} = 2z_c$에 해당하는 값이다. 틀린 표현은 '균열깊이와 한계높이가 같다'는 혼동이고, 올바르게는 인장균열깊이는 그 절반인 $\sqrt{3}$이다.

오답 포인트

인장균열깊이 z_c와 무지지 연직절토의 한계높이 H_c를 서로 바꾸어 외우면 4번으로 흐르기 쉽다. 또 $c - \varphi$ 흙인데 φ를 무시하고 $z_c = \frac{2c}{\gamma}$만 적용하면 1번으로 오답 처리된다.

다시 나오면 이렇게 판단

점착력이 있는 옹벽 뒤채움 문제는 먼저 K_a를 구하고, 수평응력이 0이 되는 깊이는 인장균열깊이 z_c, 그 두 배는 한계높이 H_c라고 구분해서 판단한다.

암기 포인트

점착성 흙의 인장균열깊이는 $z_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$, 한계높이는 $H_c = 2z_c$이다.

NoteBase

문 17. 지반의 공학적 특성을 파악하기 위한 현장 원위치 시험에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 느슨한 모래의 비배수 강도를 측정하기 위하여 베인전단시험을 실시하였다.

② 점토와 모래의 강도 특성을 파악하기 위하여 콘관입시험을 실시하였다.

③ 모래의 강도 특성을 파악하기 위하여 표준관입시험을 실시하였다.

④ 모래의 지반반력계수를 측정하기 위하여 평판재하시험을 실시하였다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 현장 원위치 시험별 적용 대상 지반과 대표적인 측정 목적을 정확히 구분할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

베인전단시험은 연약한 포화 점토의 비배수 전단강도를 현장에서 구하는 시험이다.
콘관입시험은 원추를 관입시켜 점토와 모래 지반의 강도와 지층 특성을 연속적으로 파악하는 시험이다.
표준관입시험은 모래 지반의 상대밀도와 강도 특성을 파악하는 데 널리 쓰이는 시험이다.
평판재하시험은 지지력, 침하 특성, 지반반력계수 등을 평가하는 시험이다.

선지별 해설

1번: X. 틀린 부분은 "느슨한 모래의 비배수 강도를 측정하기 위하여 베인전단시험"이라는 표현이다.
베인전단시험은 느슨한 모래가 아니라 연약한 포화 점토의 비배수 전단강도를 구할 때 적용한다. 올바르게는 "연약한 포화 점토의 비배수 전단강도를 측정하기 위하여 베인전단시험을 실시하였다"이다.
2번: O. 콘관입시험은 점토와 모래 지반에 모두 적용되며, 관입저항을 통해 강도 특성과 지층 변화를 파악할 수 있으므로 설명이 타당하다.
3번: O. 표준관입시험은 특히 사질토에서 많이 사용되며, 타격 회수로 상대밀도와 강도 특성을 추정하므로 모래의 강도 특성을 파악한다는 설명이 맞다.
4번: O. 평판재하시험은 재하에 대한 지반의 변형 거동을 이용하여 지반반력계수를 평가할 수 있으므로 모래의 지반반력계수 측정에 사용할 수 있다.

오답 포인트

베인전단시험과 표준관입시험을 모두 현장 강도시험으로만 묶어 외우면 적용 지반이 뒤바뀐다. 이 문항의 함정은 1번에서 "느슨한 모래"와 "비배수 강도"를 함께 붙여 점토용 시험을 사질토용 시험처럼 보이게 만든 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

시험 이름이 나오면 먼저 적용 지반을 본다. 점토인지 모래인지가 정리되면 그다음에 비배수 전단강도, 상대밀도, 관입저항, 지반반력계수처럼 대표 측정값을 연결하면 정오 판단이 빨라진다.

NoteBase

암기 포인트

베인은 연약점토, SPT는 모래, CPT는 연속 관입, 평판재하는 지반반력계수이다.

NoteBase

문 18. 흙의 전단강도에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 포화된 느슨한 모래지반에 갑자기 충격을 가하면 모래의 전단강도가 크게 감소한다.

② 해성점토가 해수면 위로 융기한 후 담수에 의해 염분이 빠져나가면 전단강도가 증가한다.

③ 느슨한 모래층에서 동수경사가 한계동수경사보다 크게 되면 전단강도가 저하되어 분사현상이 발생한다.

④ 실트지반에 모세관 현상이 발생하면 부의 간극수압이 발생하고 유효응력이 증가하여 전단강도가 증가한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전단강도를 좌우하는 유효응력 변화와 액상화, 용탈, 한계동수경사, 모세관 현상을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

액상화는 포화된 느슨한 모래에서 충격이나 반복하중으로 과잉간극수압이 커져 유효응력이 감소하면서 전단강도가 급감하는 현상이다.
염분 용탈된 해성점토는 입자 사이 결합이 약해져 전단강도, 특히 교란 후 강도가 감소하는 경향이 있다.
한계동수경사는 상향 침투로 유효응력이 0에 가까워지는 경계 상태이며, 이를 넘으면 분사현상이나 보일링이 나타난다.
모세관 현상은 부의 간극수압을 만들어 유효응력을 증가시키므로 전단강도를 키울 수 있다.

선지별 해설

1번: O. 포화된 느슨한 모래지반에 갑작스러운 충격을 가하면 과잉간극수압이 증가하여 유효응력이 급격히 감소하므로 전단강도가 크게 줄어든다. 액상화 거동에 대한 설명으로 타당하다.
2번: X. 틀린 표현은 '전단강도가 증가한다'이다. 해성점토가 해수면 위로 융기한 뒤 담수에 의해 염분이 빠져나가면 입자 간 결합이 약해져 전단강도는 감소하는 방향으로 본다. 올바르게는 '염분이 빠져나가면 전단강도가 감소하고 민감비가 커질 수 있다'이다.
3번: O. 느슨한 모래층에서 동수경사가 한계동수경사보다 커지면 상향 침투로 유효응력이 감소하여 전단강도가 저하되고 분사현상이 발생한다. 유효응력 상실에 따른 현상을 정확히 설명한 선지이다.
4번: O. 실트지반에서 모세관 현상이 발생하면 부의 간극수압, 즉 흡입력이 생겨 유효응력이 증가하므로 전단강도가 증가할 수 있다. 불포화토의 모관흡수 효과를 설명한 선지이다.

오답 포인트

2번은 '담수에 의해 염분이 빠져나간다'는 표현 때문에 세척되어 더 단단해진다고 오해하기 쉽다. 그러나 해성점토에서는 염분 용탈이 입자 결합 약화와 민감비 증가로 이어진다는 점이 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

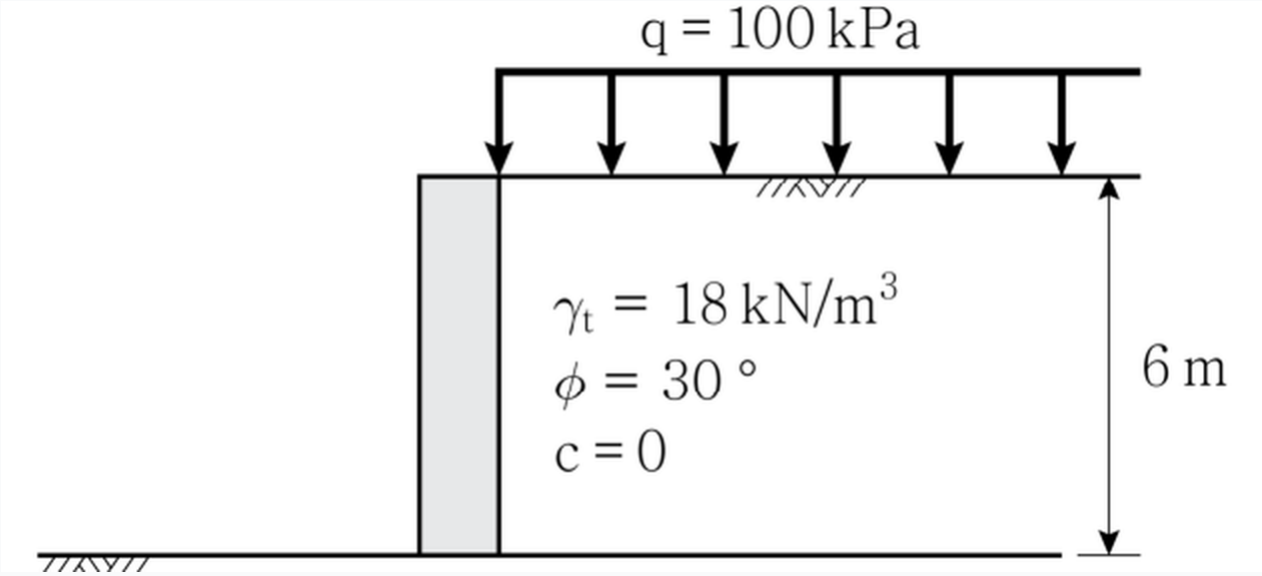
전단강도 문제는 먼저 유효응력이 증가하는 상황인지 감소하는 상황인지부터 본다. 유효응력이 감소하면 전단강도는 줄고, 부의 간극수압처럼 유효응력이 증가하면 전단강도는 커진다고 판단한다.

암기 포인트

액상화와 분사현상은 유효응력 감소, 모세관 현상은 유효응력 증가, 해성점토의 염분 용탈은 강도 감소로 연결된다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 옹벽 배면의 지표면에 등분포하중이 작용할 때, 옹벽에 작용하는 단위 길이당 전체 주동토압 [kN/m]과 옹벽 저면으로부터 토압의 작용점까지 거리 [m]는? (단, 소수점 셋째 자리에서 반올림한다)



① 전체 주동토압: 208kN/m, 작용점: 2.35m

② 전체 주동토압: 308kN/m, 작용점: 2.35m

③ 전체 주동토압: 208kN/m, 작용점: 2.65m

④ 전체 주동토압: 308kN/m, 작용점: 2.65m

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 등분포하중이 작용하는 뒤채움에서 Rankine 주동토압계수 K_a를 적용하여 전체 주동토압과 합력의 작용점을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $H = 6m, q = 100kPa, \gamma_t = 18kN/m^3, \phi = 30^\circ, c = 0$이다.
구해야 할 값은 단위 길이당 전체 주동토압과 옹벽 저면으로부터 합력 작용점까지의 거리이다.
주의할 조건은 등분포하중에 의한 수평토압은 직사각형 분포가 되고, 흙 자중에 의한 수평토압은 삼각형 분포가 된다는 점이다.

NoteBase

사용할 공식

주동토압계수는 $K_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$ 이다.
흙 자중에 의한 주동토압은 P_aγ=12 K_a_t H^2 이다.
등분포하중에 의한 주동토압은 $P_{aq} = K_a q H$ 이다.
합력의 작용점은 $\bar{y} = \frac{P_{a\gamma}\cdot\frac{H}{3} + P_{aq}\cdot\frac{H}{2}}{P_{a\gamma}+P_{aq}}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 뒤채움이 수평이고 점착력이 0이며 등분포하중이 추가로 작용하므로, 자중 성분과 등분포하중 성분을 분리하여 합성하면 되기 때문이다.

계산 과정

1. 주동토압계수는 K_a=(1-30^)/(1+30^)=(1-0.5)/(1+0.5)=13 이다.
2. 흙 자중에 의한 주동토압은 P_aγ=12×13×18×6^2=108 kN/m 이다.
3. 등분포하중에 의한 주동토압은 P_aq=13×100×6=200 kN/m 이다.
4. 전체 주동토압은 $P_a = 108 + 200 = 308 kN/m$ 이다.
5. 작용점은 $\bar{y} = \frac{108\times 2 + 200\times 3}{308} = \frac{816}{308} = 2.649m$ 이므로, 소수 셋째 자리에서 반올림하면 $2.65m$이다.

선지별 해설

① X: 틀린 표현은 전체 주동토압이 $208kN/m$라는 부분과 작용점이 $2.35m$라는 부분이다. 올바르게는 전체 주동토압이 $308kN/m$이고 작용점은 $2.65m$이다.
② X: 전체 주동토압 $308kN/m$는 맞지만 작용점 $2.35m$가 틀리다. 등분포하중 성분은 직사각형 분포이므로 $H/2 = 3m$에서 작용하여 합력 위치가 더 올라가므로, 올바른 작용점은 $2.65m$이다.
③ X: 작용점 $2.65m$는 맞지만 전체 주동토압 $208kN/m$가 틀리다. 올바르게는 자중 성분 $108kN/m$와 등분포하중 성분 $200kN/m$를 더한 $308kN/m$이다.
④ O: 전체 주동토압 $308kN/m$, 작용점 $2.65m$가 모두 계산 결과와 일치한다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 등분포하중에 의한 수평토압을 직사각형 분포로 보지 않고 삼각형처럼 처리하는 실수이다. 이 경우 작용점을 $2.35m$처럼 낮게 잡기 쉽다. 또 $P_{aq} = K_a q H$에서 H를 빠뜨리면 전체 주동토압을 작게 계산하는 오답으로 이어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

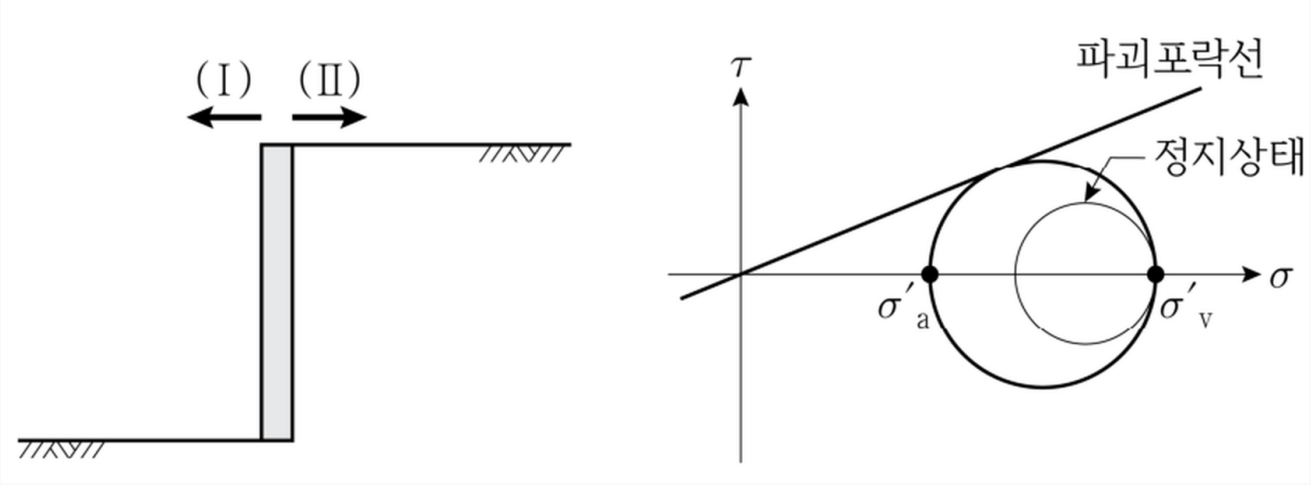
옹벽 토압 계산형 문제는 먼저 K_a를 구한 뒤, 자중 성분 12 K_aγ H^2와 등분포하중 성분 $K_a q H$를 분리해서 계산하고, 마지막에 각 성분의 작용점 $H/3$, $H/2$를 모멘트로 합성하면 된다.

암기 포인트

자중토압은 삼각형이므로 작용점이 $H/3$, 등분포하중 토압은 직사각형이므로 작용점이 $H/2$이다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 옹벽 배면의 흙이 정지상태에서 옹벽이 움직이면서 파괴 상태가 되었을 때, 옹벽이 움직인 방향과 토압 계수 $[\sigma'_a/\sigma'_v]$로 옳은 것은? (단, 흙의 내부마찰각은 30 °이다)



① 움직인 방향: (Ⅰ), 토압 계수 σ'_a/σ'_v: 1/3

② 움직인 방향: (Ⅱ), 토압 계수 σ'_a/σ'_v: 1/3

③ 움직인 방향: (Ⅰ), 토압 계수 σ'_a/σ'_v: 3

④ 움직인 방향: (Ⅱ), 토압 계수 σ'_a/σ'_v: 3

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 정지토압 상태의 배면토가 옹벽 이동으로 활동파괴에 이르면 벽의 이동 방향과 활동토압계수 $K_a = \sigma'_a/\sigma'_v$를 연결하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 흙의 내부마찰각은 $\phi = 30\,°$이다.
구해야 할 값: 옹벽의 이동 방향과 토압계수 σ'_a/σ'_v이다.
주의할 조건: 문제의 기호 σ'_a는 활동토압 상태의 수평유효응력을 뜻하므로 수동토압계수 K_p가 아니라 활동토압계수 K_a를 써야 한다.

사용할 공식

활동토압계수는 $K_a = \tan^2\left(45\,° - \frac{\phi}{2}\right) = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 정지상태에서 옹벽이 배면토에서 멀어지면 배면토의 수평응력이 감소하여 활동상태에 이르고, 문제에서 묻는 σ'_a/σ'_v가 바로 K_a이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 배면토는 옹벽의 오른쪽에 있으므로 벽이 왼쪽으로 움직이면 배면토에서 멀어지고, 오른쪽으로 움직이면 배면토를 민다.
2. 문제의 토압계수는 σ'_a/σ'_v이므로 활동상태를 찾아야 하며, 이때 벽의 이동 방향은 왼쪽인 (I)이다.
3. $\phi = 30\,^\circ$를 대입하면 $K_a = \frac{1-\sin 30^\circ}{1+\sin 30^\circ} = \frac{1-0.5}{1+0.5} = \frac{0.5}{1.5} = \frac{1}{3}$이다.

선지별 해설

① O: 옹벽이 배면토에서 멀어지는 방향은 (I)이고, 활동토압계수는 $K_a = \sigma'_a/\sigma'_v = 1/3$이므로 맞다.
② X: 계수 1/3 자체는 활동토압계수로 맞지만, (II)는 옹벽이 배면토를 미는 방향이므로 활동상태가 아니다. 틀린 표현은 이동 방향 (II)이고, 올바르게는 (I), 1/3이다.
③ X: 이동 방향 (I)은 활동상태와 맞지만, 계수 3은 수동토압계수 K_p에 해당한다. 틀린 표현은 계수 3이고, 올바르게는 활동토압계수 1/3이다.
④ X: (II)는 수동상태 방향이고 3도 수동토압계수에 해당하므로, 문제에서 묻는 σ'_a/σ'_v와 일치하지 않는다. 틀린 표현은 활동토압계수를 수동토압계수로 바꾼 점이고, 올바르게는 (I), 1/3이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 활동토압 K_a와 수동토압 K_p를 함께 외우다가 문제의 기호 σ'_a를 놓치는 점이다. ③과 ④는 $K_p = 3$을 기억하고 있어도 문제에서 요구한 상태가 활동상태라는 점을 놓치면 고르게 되는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

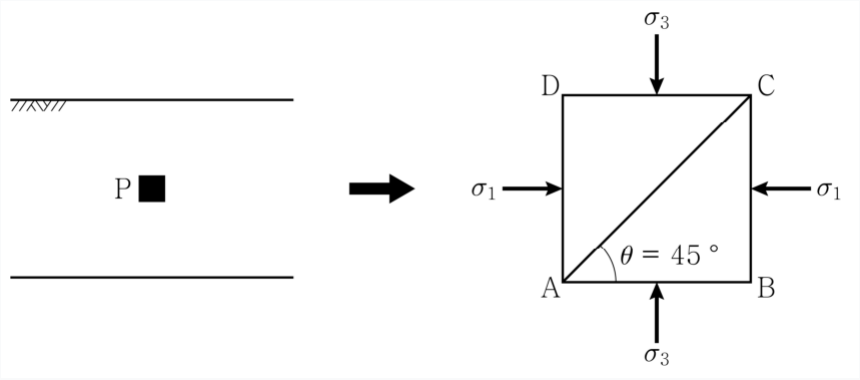
배면토가 벽의 어느 쪽에 있는지 먼저 보고, 벽이 흙에서 멀어지면 활동토압 $K_a < 1$, 흙을 밀면 수동토압 $K_p > 1$로 바로 연결해 판단한다. 그다음 문제의 기호가 σ'_a인지 σ'_p인지 확인하면 선택지가 정리된다.

암기 포인트

벽이 흙에서 멀어지면 활동, 벽이 흙을 밀면 수동이다. $\phi = 30\,^\circ$이면 $K_a = 1/3$, $K_p = 3$이다.

NoteBase

문 21. 그림과 같이 지반 내 요소 P에 작용하는 주응력 σ_1과 σ_3가 각각 40 kPa, 20 kPa일 때, AC면에 작용하는 수직응력[kPa]과 전단응력[kPa]은? (단, Mohr원에서 수직응력은 압축력을 (+)로, 전단응력은 반시계방향을 (+)로 한다)



① 수직응력[kPa]: 30, 전단응력[kPa]: -10

② 수직응력[kPa]: 30, 전단응력[kPa]: 10

③ 수직응력[kPa]: 40, 전단응력[kPa]: -20

④ 수직응력[kPa]: 40, 전단응력[kPa]: 20

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 주응력 상태에서 경사면 AC에 작용하는 수직응력과 전단응력을 Mohr원 응력변환으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $\sigma_1 = 40kPa, \sigma_3 = 20kPa$이다.
구해야 할 값은 AC면의 수직응력과 전단응력이다.
주의할 조건은 압축응력을 (+), 전단응력을 반시계방향 (+)로 둔다는 점이며, AC면은 주응력면에 대해 45° 기울어져 있다.

사용할 공식

사용 공식은 $\sigma_n = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos 2\theta$, $\tau = -\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\sin 2\theta$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 주응력 σ_1, σ_3가 주어졌고, 그 사이의 임의 경사면 응력을 구하는 전형적인 Mohr원 응력변환 상황이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 평균응력은 $\frac{40+20}{2} = 30kPa$이고, Mohr원 반지름은 $\frac{40-20}{2} = 10kPa$이다.
2. AC면은 주응력면과 45 °를 이루므로 $2\theta = 90$ °이다.
3. 수직응력은 $\sigma_n = 30 + 10\cos 90^\circ = 30kPa$이다.
4. 전단응력은 $\tau = -10\sin 90^\circ = -10kPa$이다.

따라서 AC면의 응력은 $30kPa$, $-10kPa$이다.

선지별 해설

① O: 계산 결과가 수직응력 $30kPa$, 전단응력 $-10kPa$이므로 옳다.

② X: 수직응력 $30kPa$는 맞지만 전단응력 부호가 반대이다. 틀린 표현은 $10kPa$이고, 올바르게는 $-10kPa$이다.

③ X: 틀린 표현은 수직응력 $40kPa$와 전단응력 $-20kPa$이다. 경사면 45 °에서는 수직응력이 σ_1 그대로가 아니라 평균응력 $30kPa$가 되며, 전단응력 크기도 응력차 전체가 아니라 반지름 $10kPa$이다. 올바르게는 $30kPa$, $-10kPa$이다.

④ X: 틀린 표현은 $40kPa$, $20kPa$이다. σ_1를 면응력으로 그대로 읽고 전단응력에 응력차 $20kPa$를 넣은 오답이다. 올바르게는 $30kPa$, $-10kPa$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 경사면 응력을 주응력과 직접 같게 보거나, 전단응력 크기를 $\sigma_1 - \sigma_3$로 잘못 쓰는 데 있다. 특히 45 °면에서는 수직응력이 평균응력으로 바뀌고 전단응력은 반지름만큼만 생긴다는 점, 그리고 부호는 회전방향 규약으로 결정된다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

주응력 σ_1, σ_3가 주어지면 먼저 평균응력 $\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}$와 반지름 $\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$를 잡고, 경사각을 2θ로 바꾸어 $\cos 2\theta$, $\sin 2\theta$를 적용하면 된다. 그다음 전단응력 부호를 문제의 회전방향 규약과 대조하면 된다.

암기 포인트

45 ° 경사면에서는 $\sigma_n = \frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}$, $|\tau| = \frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$가 된다.

NoteBase

문 22. 포화된 정규압밀점토 시료에 구속압력 150 kPa을 가하여 압밀비배수 삼축압축시험을 수행한 결과, 시료 파괴 시 측정된 간극수압과 축차응력이 모두 100 kPa이었다. 동일한 시료에 구속압력 200 kPa을 가하여 압밀배수 삼축압축시험을 수행했을 때, 시료 파괴 시 축차응력 [kPa]은?

① 200

② 400

③ 600

④ 800

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 첫 번째 압밀비배수 삼축압축시험 결과로 유효응력 파괴비를 구한 뒤, 같은 시료의 압밀배수 삼축압축시험 파괴 시 축차응력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

첫 번째 시험은 구속압력 $150kPa$, 파괴 시 간극수압 $100kPa$, 축차응력 $100kPa$이다.
포화된 정규압밀점토이므로 유효응력 기준에서 $c' = 0$으로 본다.
두 번째 시험은 구속압력 $200kPa$의 압밀배수 삼축압축시험이므로 파괴 시 $u = 0$이다.
구해야 할 값은 파괴 시 축차응력 $q_f = \sigma_1 - \sigma_3$이다.

사용할 공식

$\sigma_3' = \sigma_3 - u, \quad \sigma_1' = \sigma_3 + q - u$
$\frac{\sigma_1'}{\sigma_3'} = \frac{1+\sin\phi'}{1-\sin\phi'} \quad (c' = 0)$
첫 번째 시험에서는 간극수압이 주어져 파괴 시 유효주응력을 구할 수 있고, 같은 시료의 배수시험에서는 같은 ϕ'를 적용할 수 있으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 첫 번째 시험의 파괴 시 유효응력은 $\sigma_3' = 150 - 100 = 50kPa$, $\sigma_1' = 150 + 100 - 100 = 150kPa$이다.
2. 따라서 파괴비는 $\sigma_1'/\sigma_3' = 150/50 = 3$이다. 즉 $\frac{1+\sin\phi'}{1-\sin\phi'} = 3$이므로 $\sin\phi' = 0.5$, $\phi' = 30\,^\circ$이다.
3. 두 번째 압밀배수 시험에서는 $u = 0$이므로 $\sigma_3' = 200kPa$이다. 같은 파괴비 3을 적용하면 $\sigma_1' = 3 \times 200 = 600kPa$이다.
4. 따라서 파괴 시 축차응력은 $q_f = \sigma_1 - \sigma_3 = 600 - 200 = 400kPa$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 계산 결과 축차응력은 400kPa이다. 200kPa는 두 번째 시험의 구속압력만 보고 파괴비를 반영하지 않은 값이다. 틀린 표현은 "파괴 시 축차응력은 200이다"이고, 올바르게는 "파괴 시 축차응력은 400kPa이다"이다.
2번 O: 압밀배수 시험에서는 $u = 0$이므로 유효구속압력도 200kPa이다. 첫 번째 시험에서 구한 파괴비 3을 적용하면 $\sigma_1' = 600kPa$, 축차응력은 400kPa가 되므로 옳다.
3번 X: 600kPa는 축차응력이 아니라 파괴 시 최대주응력 σ_1이다. 틀린 표현은 "축차응력은 600이다"이고, 올바르게는 "최대주응력은 600kPa이고 축차응력은 400kPa이다"이다.
4번 X: 800kPa는 파괴비 적용과 축차응력 계산을 혼동한 값이다. 틀린 표현은 "축차응력은 800이다"이고, 올바르게는 "축차응력은 400kPa이다"이다.

오답 포인트

첫 번째 시험에서 구한 150kPa와 50kPa는 유효주응력이고, 두 번째 시험에서 구해야 하는 값은 최대주응력 σ_1이 아니라 축차응력 $\sigma_1 - \sigma_3$라는 점이 함정이다. 3번처럼 600kPa를 그대로 답으로 고르면 최대주응력과 축차응력을 혼동한 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

삼축시험 계산형 문제는 먼저 시험 종류에 따라 배수 여부와 u의 존재를 정리하고, 주어진 값으로 σ_1', σ_3'를 만든 뒤, 파괴비 또는 ϕ'를 구해 마지막에 요구값이 σ_1인지 $q = \sigma_1 - \sigma_3$인지 확인하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

CU 시험으로 유효응력 파괴비를 구하고, CD 시험에서는 $u = 0$으로 두어 같은 ϕ'로 축차응력을 계산한다.

NoteBase

문 23. 포화된 점토사면을 수평선과 65° 경사로 굴착하고자 한다. 굴착깊이를 4 m로 할 때, 굴착사면의 안전율은? (단, 점토의 단위중량은 17kN/m^3, 비배수점착력은 17kPa, Taylor 안정수는 0.2이다)

① 1.15

② 1.25

③ 1.35

④ 1.45

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 포화 점토사면의 비배수 조건에서 Taylor 안정수를 이용해 굴착사면의 안정율을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 점토의 단위중량 $\gamma = 17kN/m^3$, 비배수점착력 $c_u = 17kPa$, 굴착깊이 $H = 4m$, Taylor 안정수 $N_s = 0.2$이다.
구해야 할 값: 굴착사면의 안정율 F이다.
주의할 조건: 포화 점토의 단기 안정 문제이므로 $\phi = 0$ 비배수 해석식을 적용한다.

사용할 공식

Taylor 안정수 관계식은 $N_s = \frac{c_u}{\gamma H F}$ 이므로 안정율은 $F = \frac{c_u}{N_s \gamma H}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유: 문제에서 사면 경사에 대한 Taylor 안정수 0.2를 이미 주었으므로, 비배수점착력과 자중 조건을 이 식에 바로 대입하면 안정율을 구할 수 있다.

계산 과정

$F = \frac{c_u}{N_s \gamma H} = \frac{17}{0.2 \times 17 \times 4} = \frac{17}{13.6} = 1.25$
따라서 굴착사면의 안정율은 1.25이다.

선지 판단

1번 X: 계산 결과는 1.25이므로 1.15는 옳지 않다. 이 선지는 안정율이 1.25라고 고쳐야 옳다.
2번 O: Taylor 안정수 식에 주어진 값을 대입하면 1.25가 나오므로 옳다.
3번 X: 1.35는 주어진 c_u, γ, H, N_s를 적용한 결과와 다르다. 이 선지는 안정율이 1.25라고 고쳐야 옳다.
4번 X: 1.45는 계산값보다 큰 수치로서 주어진 조건과 맞지 않는다. 이 선지는 안정율이 1.25라고 고쳐야 옳다.

NoteBase

오답 포인트

사면 경사 65도를 보고 별도의 삼각함수 계산을 해야 한다고 착각하기 쉽다. 이 문제는 그 경사에 대한 Taylor 안정수 0.2가 이미 주어졌으므로, 이를 다시 가공하지 않고 $F = \frac{c_u}{N_s \gamma H}$로 바로 정리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

점토사면 안정 문제에서 비배수점착력과 Taylor 안정수가 함께 주어지면 먼저 $N_s = \frac{c_u}{\gamma H F}$를 세운 뒤, F를 미지수로 정리하고 수치만 대입해 판단한다.

암기 포인트

Taylor 안정수 문제의 안정율은 $F = \frac{c_u}{N_s \gamma H}$로 바로 정리된다.

NoteBase

문 24. 연직배수재를 이용한 연약지반개량공법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 수평방향 압밀소요시간은 배수재 간격의 제곱에 비례한다.

② 샌드드레인 공법에서 입도가 균등한 모래가 양호한 모래보다 압밀이 더 촉진된다.

③ 스미어 효과란 연직배수재를 지반에 관입하는 중에 주변의 점토지반이 교란되어 압밀계수가 저하되는 현상을 말한다.

④ 샌드드레인 공법에서 모래말뚝의 간격(S)에 따른 영향원의 유효직경(d_e)은 정사각형 배치일 때 $d_e = \frac{2}{\pi}S$ 이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 연직배수재를 이용한 연약지반 개량에서 압밀시간의 간격 의존성, 배수재 재료의 투수성, 스미어 효과, 영향원 유효직경 공식을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

연직배수재 공법은 연약점토 내부의 배수거리를 줄여 방사배수를 촉진하는 공법이다.
스미어 효과는 배수재를 관입하는 동안 주변 점토가 교란되어 수평투수계수와 압밀속도가 떨어지는 현상이다.
영향원 유효직경은 배수재 1개가 담당하는 등가 원형 영역의 직경이며, 정사각형 배열에서는 $d_e = 1.13S$, 정삼각형 배열에서는 $d_e = 1.05S$이다.

선지별 해설

1번 O: 방사압밀에서 같은 압밀도에 필요한 시간은 배수거리의 제곱에 비례한다. 배수재 간격 S가 커지면 영향반경도 함께 커지므로 수평방향 압밀소요시간은 대체로 S^2에 비례해 증가한다.
2번 O: 샌드드레인에서는 배수재 모래의 투수성이 클수록 압밀 촉진에 유리하다. 입도가 균등한 깨끗한 모래는 입도분포가 양호한 모래보다 작은 입자가 공극을 메우는 정도가 작아 일반적으로 투수성이 더 커서 배수 효과가 좋다.
3번 O: 스미어 효과는 연직배수재를 지반에 관입할 때 주변 점토가 교란되어 투수성이 저하되는 현상을 말한다. 따라서 압밀계수가 저하된다는 설명은 맞다.
4번 X: 틀린 표현은 $d_e = \frac{2}{\pi}S$이다. 정사각형 배열에서 영향원 유효직경은 $d_e = 1.13S$이며, 제시식은 영향원 유효직경 공식과 맞지 않는다.

오답 포인트

4번은 영향원 유효직경 d_e와 배수재 자체를 환산하는 다른 직경식을 섞어 놓은 함정이다. 2번도 '입도분포가 양호한 모래'라는 표현 때문에 막연히 더 좋다고 보기 쉽지만, 샌드드레인에서는 다짐성보다 배수재의 투수성이 핵심이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

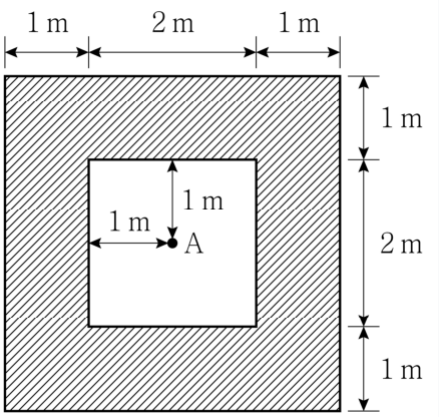
연직배수 문제는 먼저 배수효과, 시공교란, 환산직경 식으로 나누어 본다. 식이 보이면 그것이 영향원 유효직경 d_e인지, 배수재 자체의 환산직경 d_w인지부터 구분하면 오답을 빠르게 걸러낼 수 있다.

암기 포인트

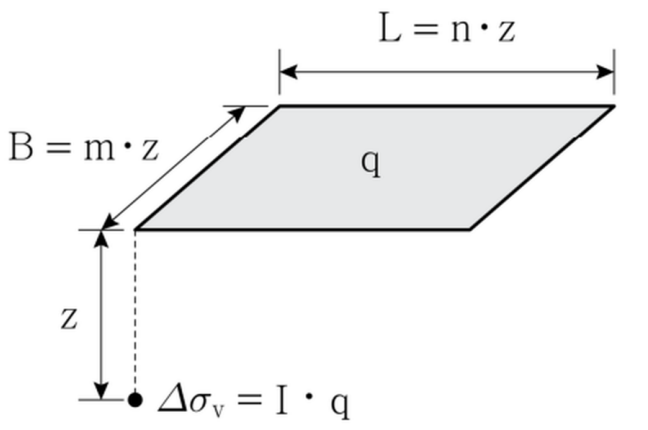
정사각형은 $d_e = 1.13S$, 정삼각형은 $d_e = 1.05S$, 스미어는 주변점토 교란으로 투수성 저하이다.

NoteBase

문 25. 그림과 같이 빗금친 영역에 3,600 kN의 하중이 균등하게 작용할 때, 중심 A점에서 지표면으로부터 2 m 깊이의 응력증가량[kN/m^2]은? (단, m과 n값에 따른 영향계수 I는 <조건>과 같다)



<조 건>



m	n	I
0.5	0.5	0.08
0.5	1	0.12
1	1	0.18

① 30

② 48

③ 72

④ 120

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 등분포하중이 작용하는 띠 모양 영역에 대해 중첩법과 영향계수 I를 사용하여 깊이 $2m$에서의 연직응력 증가량을 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

총하중은 $3600kN$이다.
하중 작용면적은 외곽 $4m \times 4m$에서 내부 $2m \times 2m$를 뺀 영역이므로 $12m^2$이다.
따라서 등분포하중은 $q = 3600/12 = 300kN/m^2$이다.
구해야 할 값은 중심 A점 바로 아래 깊이 $z = 2m$에서의 $\Delta\sigma_v$이다.

사용할 공식

조건표의 직사각형 영향계수 공식을 쓴다.
$\Delta\sigma_v = I \cdot q$
중심점 아래 응력은 사각형을 4개 사분면으로 나누어 계산한 뒤 대칭으로 4배할 수 있고, 빗금친 영역은 외곽 정사각형 효과에서 내부 빈 정사각형 효과를 빼면 된다.

계산 과정

1. 외곽 $4m \times 4m$ 정사각형은 A점을 기준으로 한 사분면이 $2m \times 2m$이므로 $m = n = 2/2 = 1$이고, 표에서 $I = 0.18$이다.
2. 따라서 외곽 정사각형의 응력증가량은 $4 \times 0.18 \times 300 = 216kN/m^2$이다.
3. 내부 $2m \times 2m$ 정사각형은 사분면이 $1m \times 1m$이므로 $m = n = 1/2 = 0.5$이고, 표에서 $I = 0.08$이다.
4. 내부 빈 영역이 있었다면 그 응력증가량은 $4 \times 0.08 \times 300 = 96kN/m^2$이다.
5. 따라서 빗금친 영역의 실제 응력증가량은 $216 - 96 = 120kN/m^2$이다.

선지 판단

1번 X: 30은 영향계수 차 $(0.72 - 0.32) = 0.40$를 적용하지 못하고 하중강도 또는 면적 계산을 잘못했을 때 나오는 오답이다. 올바르게는 응력증가량이 $120kN/m^2$이다.
2번 X: 48은 외곽과 내부의 대칭 4배 계산을 누락하거나 면적을 잘못 본 값이다. 올바르게는 중심 대칭을 반영하여 $120kN/m^2$가 되어야 한다.
3번 X: 72는 외곽 정사각형 효과만 부분적으로 보거나 내부 공제량을 잘못 뺀 값이다. 올바르게는 외곽 효과 216에서 내부 효과 96을 빼서 $120kN/m^2$이다.
4번 O: 빗금친 영역의 등분포하중은 $300kN/m^2$이고, 영향계수 합은 외곽 4×0.18에서 내부 4×0.08을 뺀 0.40이므로 $\Delta\sigma_v = 0.40 \times 300 = 120kN/m^2$이다.

오답 포인트

총하중 $3600kN$을 전체 외곽면적 $16m^2$로 나누거나, 중심점 계산에서 사분면 4배를 빠뜨리거나, 내부 빈 영역 효과를 빼지 않으면 오답이 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

중심점 아래 응력 문제는 먼저 총하중을 실제 재하면적으로 나누어 q를 구하고, 그다음 대칭 사각형의 한 사분면에 대한 m, n, I를 찾은 뒤 외곽 효과와 공제해야 할 내부 효과를 중첩으로 정리하면 된다.

암기 포인트

중심 대칭 재하영역의 응력은 한 사분면 영향계수를 4배하고, 빈 공간이 있으면 그 부분을 빼는 중첩으로 정리된다.

NoteBase