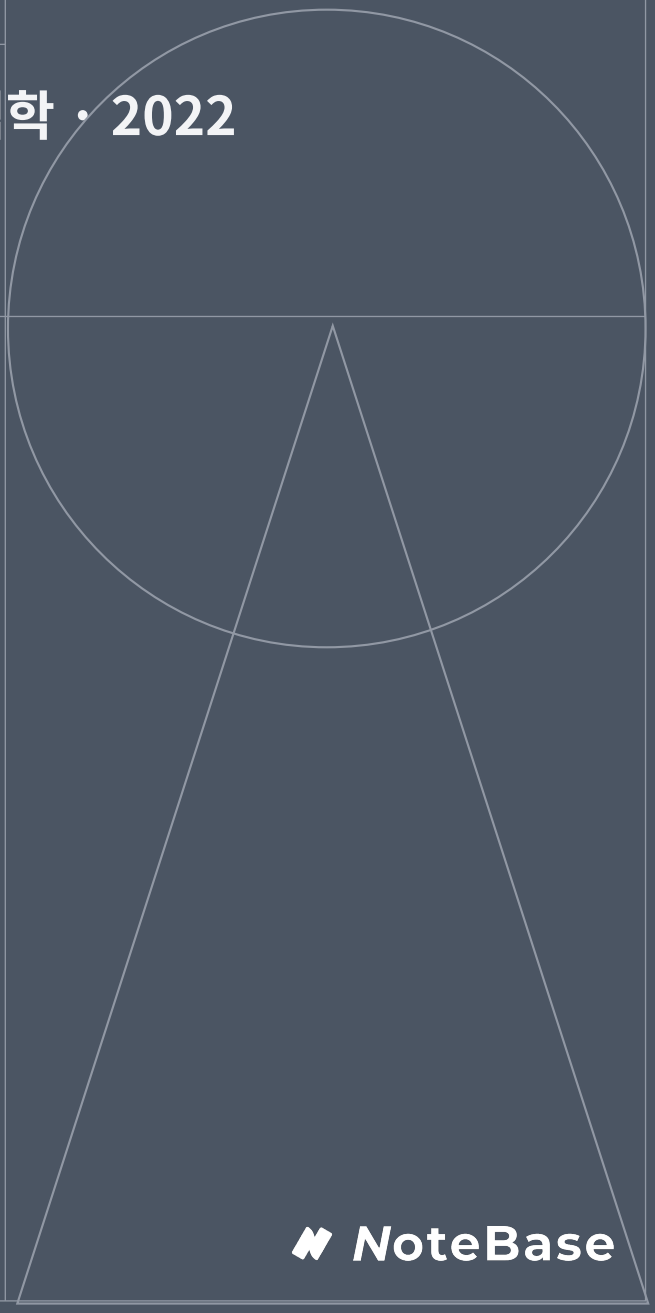
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 토질역학 · 2022



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 토질역학 · 2022

공무원/지방직/7급 · 토질역학 · 2022

문 1. 일반적으로 유한사면의 안정성을 향상시키는 요소로 옳지 않은 것은?

① 흙의 전단강도 증가

② 사면의 경사 완화

③ 사면하단의 압성토 제거

④ 배수시설 설치

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 유한사면의 안정성을 높이는 방법을 저항력 증가, 활동력 감소, 간극수압 감소의 관점에서 구별하는 문제이다.

핵심 개념

사면의 안전율은 미끄러지려는 활동력에 대한 전단저항력의 비로 판단한다. 흙의 전단강도를 높이거나 사면을 완만하게 하여 활동력을 줄이고, 배수로 간극수압을 낮추면 안정성이 커진다. 반대로 사면하단의 압성토는 활동토괴를 지지하는 버트레스 역할을 하므로 제거하면 저항력이 감소한다.

선지별 해설

① O: 흙의 전단강도가 증가하면 활동면을 따라 발휘할 수 있는 전단저항력이 커지므로 사면의 안전율이 증가한다.

② O: 사면의 경사를 완화하면 자중의 사면방향 성분이 줄어 활동력이 감소하므로 안정성이 높아진다.

③ X: 틀린 표현은 '압성토 제거'이다. 사면하단의 압성토는 사면의 활동을 막는 지지토로서 저항력을 보탠다. 제거하면 안정성은 낮아지며, 안정성을 높이려면 압성토를 성토하거나 유지한다.

④ O: 배수시설은 지하수와 간극수압을 낮춰 유효응력을 증가시킨다. 그 결과 흙의 전단강도가 커져 사면 안정성이 높아진다.

NoteBase

오답 포인트

③은 사면하단의 토사를 줄이면 하중도 줄어 안정해질 것처럼 보이게 한다. 그러나 압성토는 단순한 하중이 아니라 활동토괴의 하단을 지지하여 전단저항에 기여하는 토사이므로, 제거는 안정대책이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 대책이 전단저항력을 키우는지, 활동력을 줄이는지, 또는 간극수압을 낮추는지 확인한다. 사면하단의 지지토를 보강하는 것은 안정에 유리하고, 이를 제거하는 것은 불리하다고 판단한다.

암기 포인트

강도↑·경사↓·간극수압↓·하단 압성토 유지 = 사면 안정성↑이다.

NoteBase

문 2. 포화된 점토에 대해 비압밀비배수 삼축압축시험을 수행하였다. 구속압력은 40kN/m^{2}이고, 축차응력을 100kN/m^{2}만큼 증가시켰을 때 공시체가 파괴되었다. 이 시료의 비배수 전단강도[kN/m^2]는?

① 40

② 50

③ 70

④ 100

정답 2번

출제 포인트

포화점토의 비압밀비배수(UU) 삼축압축시험에서 축차응력으로 비배수 전단강도 c_u를 구하는 문제이다.

조건 정리

구속압력은 $40kN/m^2$이고, 파괴 시 증가한 축차응력은 $100kN/m^2$이다. 구속압력은 모어원 중심의 위치를 정하는 값이며, 이 문제에서 c_u는 파괴 시 축차응력의 절반으로 구한다.

사용할 공식

UU시험의 포화점토는 총응력 기준으로 $\phi_u = 0$으로 본다. 따라서 파괴 시 모어원의 반지름이 비배수 전단강도이므로 $c_u = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{q_f}{2}$ 이다.

계산 과정

파괴 시 축차응력은 $q_f = \sigma_1 - \sigma_3 = 100kN/m^2$이다.
따라서 $c_u = \frac{100kN/m^2}{2} = 50kN/m^2$ 이다.

선지 판단

① X: $40kN/m^2$는 주어진 구속압력이다. 비배수 전단강도는 구속압력 자체가 아니라 파괴 시 축차응력의 절반이므로, 틀린 값 $40kN/m^2 \rightarrow 50kN/m^2$이다.
② O: $100kN/m^2$의 축차응력을 2로 나누면 $50kN/m^2$이므로 옳다.
③ X: $70kN/m^2$는 주어진 축차응력의 절반과 일치하지 않는다. 틀린 값 $70kN/m^2 \rightarrow 50kN/m^2$이다.
④ X: $100kN/m^2$는 비배수 전단강도가 아니라 파괴 시 축차응력이다. 틀린 값 $100kN/m^2 \rightarrow 50kN/m^2$이다.

오답 포인트

①처럼 구속압력을 그대로 답으로 쓰거나, ④처럼 축차응력 q_f를 전단강도로 쓰는 함정이다. c_u는 모어원의 반지름이므로 $q_f/2$이다.

NoteBase

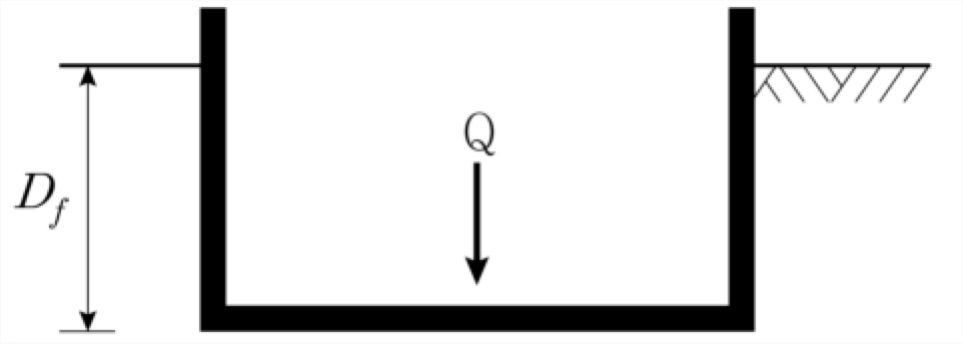
다시 나오면 이렇게 판단

포화점토의 UU 삼축압축시험에서는 먼저 파괴 시 축차응력 q_f를 확인하고, $c_u = q_f/2$를 적용한다. 구속압력은 별도로 주어져도 축차응력 값에 이미 반영되는지 구분한다.

암기 포인트

UU 포화점토: $\phi_u = 0$, c_u=축차응력/2이다.

문 3. 그림과 같이 폭 10m, 길이 20m인 직사각형 전면기초를 균일한 지반에 설치하고자 한다. 완전보상기초(fully compensated foundation)가 되기 위한 근입깊이 D_f[m]는? (단, 건물의 총하중 $Q = 40{,}000$kN, 지반의 단위중량 $\gamma = 20\text{kN/m}^3$로 한다)



① 2

② 5

③ 10

④ 15

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 완전보상기초에서 굴착으로 제거된 토사의 중량과 건물 총하중을 같게 두어 근입깊이 D_f를 구하는 문제이다.

조건 정리

기초 저면적은 $A = 10m \times 20m = 200m^2$이다. 건물 총하중은 $Q = 40{,}000kN$, 지반의 단위중량은 $\gamma = 20kN/m^3$이다. 완전보상기초에서는 기초 설치를 위해 굴착한 토사의 중량이 건물 총하중과 같아진다.

사용할 공식

완전보상 조건은 $Q = \gamma A D_f$이다. $\gamma A D_f$는 단위중량에 굴착체적 AD_f를 곱한 제거 토사 중량이므로, 이를 건물 총하중 Q와 같게 둔다.

계산 과정

1. 기초 저면적은 $A = 10m \times 20m = 200m^2$이다.
2. $D_f = \frac{Q}{\gamma A} = \frac{40{,}000kN}{(20kN/m^3)(200m^2)}$이다.
3. 따라서 $D_f = 10m$이다. 단위도 $kN \div (kN/m^3 \times m^2) = m$로 일치한다.

NoteBase

선지 판단

① X. $2m$를 굴착하면 제거 토사 중량은 $(20kN/m^3)(200m^2)(2m) = 8{,}000kN$으로 $40{,}000kN$에 부족하다. 틀린 표현인 $2m$ → 올바르게는 $10m$이다.
② X. $5m$를 굴착하면 제거 토사 중량은 $20{,}000kN$으로 건물 하중의 절반이다. 틀린 표현인 $5m$ → 올바르게는 $10m$이다.
③ O. $10m$를 굴착하면 제거 토사 중량은 $(20kN/m^3)(200m^2)(10m) = 40{,}000kN$이 되어 건물 총하중과 같다.
④ X. $15m$를 굴착하면 제거 토사 중량은 $60{,}000kN$으로 건물 총하중보다 크다. 틀린 표현인 $15m$ → 올바르게는 $10m$이다.

오답 포인트

기초의 폭 또는 길이 하나만 사용하면 굴착체적을 잘못 계산한다. 직사각형 기초의 보상 토사 중량은 저면적 $A = 10m \times 20m$와 근입깊이를 모두 곱해 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

완전보상기초라는 말이 나오면 먼저 저면적 A를 구한 뒤 $Q = \gamma A D_f$를 세운다. 마지막으로 $\gamma A D_f$의 단위가 kN이 되는지 확인하면 된다.

암기 포인트

완전보상은 '건물 하중 = 파낸 흙의 중량'이므로 $D_f = Q/(\gamma A)$이다.

NoteBase

문 4. 폭이 B인 정사각형 직접기초가 하부 지반에 q의 압력을 작용시키고 있다. 2:1 분포법을 이용할 때 작용압력 q의 25%가 연직으로 작용하는 깊이는?

① $1.0B$

② $1.5B$

③ $2.0B$

④ $2.5B$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 정사각형 직접기초에 대한 2:1 분포법으로, 깊이에 따른 연직응력 증가분이 지표의 작용압력 q의 25%가 되는 깊이를 구하는 문제이다.

조건 정리

기초의 한 변은 B이고 기초면에 작용하는 압력은 q이다. 구하는 깊이를 z라 하면, 2:1 분포법에서 깊이 z의 응력분포면 한 변은 $B+z$가 된다.

사용할 공식

정사각형 기초의 2:1 분포법에 따른 깊이 z에서의 응력 증가분은 $\Delta\sigma_z = q\frac{B^2}{(B+z)^2}$ 이다. 기초면의 전체 하중 qB^2이 깊이 z에서 $(B+z)^2$의 면적에 분산되므로 이 식을 사용한다.

계산 과정

문제 조건에 따라 $\Delta\sigma_z = 0.25q$를 대입한다.
$q\frac{B^2}{(B+z)^2} = 0.25q$
양변에서 q를 약분하면 $\frac{B}{B+z} = 0.5$이다. 따라서 $B+z = 2B$이므로 $z = B$이다.

선지 판단

① O: 계산 결과 깊이는 $1.0B$이므로 옳다.
② X: $1.5B$에서는 연직응력 증가분이 $qB^2/(2.5B)^2 = 0.16q$가 된다. 틀린 표현인 $1.5B$는 $1.0B$으로 고쳐야 한다.
③ X: $2.0B$에서는 연직응력 증가분이 $qB^2/(3B)^2 = q/9$가 된다. 틀린 표현인 $2.0B$는 $1.0B$으로 고쳐야 한다.
④ X: $2.5B$에서는 연직응력 증가분이 $qB^2/(3.5B)^2 = q/12.25$가 된다. 틀린 표현인 $2.5B$는 $1.0B$으로 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

25%는 응력이 1/4로 감소한다는 뜻이지만, 정사각형에서는 응력이 면적비 $B^2/(B+z)^2$로 감소한다. 따라서 길이비를 단순히 1/4로 두면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

2:1 분포법 문제에서는 먼저 깊이에서의 분포면적을 구하고, 기초면적과의 비로 응력비를 세운다. 정사각형 기초는 $B^2/(B+z)^2$, 직사각형 기초는 $BL/[(B+z)(L+z)]$를 사용한다.

암기 포인트

정사각형 2:1 분포는 응력비가 한 변의 비의 제곱이다. 응력이 25%이면 한 변의 비는 50%이고, 깊이는 B이다.

NoteBase

문 5. 두께 40mm 점토 시료를 양면배수조건으로 실내압밀시험을 수행하였다. 시험으로 얻어진 결과가 아래와 같을 때, 시험이 수행된 응력범위에서 점토의 투수계수 [m/min]는? (단, 물의 단위중량 $\gamma_w = 10\text{kN/m}^3$, 평균압밀도가 50 %가 될 때 시간계수는 0.2, 걸리는 시간은 2분으로 가정한다)

	유효응력 $[\text{kN/m}^2]$	간극비
초기 상태	50	1.0
실험 후	100	0.5

① 1.0×10^{-6}

② 1.5×10^{-6}

③ 2.0×10^{-6}

④ 2.5×10^{-6}

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 압밀계수 c_v와 체적압축계수 m_v의 관계 $c_v = k/(m_v\gamma_w)$를 이용하여 투수계수 k를 구하는 문제이다.

조건 정리

시료 두께는 $40mm = 0.04m$이고 양면배수이므로 배수거리 H_{dr}는 그 절반인 $20mm = 0.02m$이다.
평균압밀도 50%일 때 $T_v = 0.2$, 걸린 시간은 $t = 2min$이다.
유효응력은 $50kN/m^2$에서 $100kN/m^2$로 증가하고, 간극비는 1.0에서 0.5로 감소한다.

사용할 공식

압밀계수는 $c_v = T_v H_{dr}^2/t$이고, 체적압축계수는 $m_v = \Delta e/[(1 + e_0)\Delta\sigma']$이다. 투수계수는 $k = c_v m_v \gamma_w$로 구한다.
양면배수 조건에서는 물이 시료 양쪽 면으로 배수되므로 H_{dr}에 전체 두께 $0.04m$가 아니라 절반 두께 $0.02m$를 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 압밀계수는 $c_v = \frac{T_v H_{dr}^2}{t} = \frac{0.2 \times (0.02)^2}{2} = 4.0 \times 10^{-5} m^2/min$ 이다.
2. 간극비 감소량은 $\Delta e = 1.0 - 0.5 = 0.5$, 유효응력 증가량은 $\Delta \sigma' = 100 - 50 = 50 kN/m^2$이다. 따라서 $m_v = \frac{0.5}{(1+1.0) \times 50} = 5.0 \times 10^{-3} m^2/kN$ 이다.
3. $\gamma_w = 10 kN/m^3$을 대입하면 $k = c_v m_v \gamma_w = (4.0 \times 10^{-5})(5.0 \times 10^{-3})(10) = 2.0 \times 10^{-6} m/min$ 이다.

선지 판단

① X: $1.0 \times 10^{-6} m/min$은 계산 결과와 다르다. 투수계수는 $2.0 \times 10^{-6} m/min$이다.
② X: $1.5 \times 10^{-6} m/min$은 계산 결과와 다르다. 투수계수는 $2.0 \times 10^{-6} m/min$이다.
③ O: 계산값 $k = 2.0 \times 10^{-6} m/min$과 일치한다.
④ X: $2.5 \times 10^{-6} m/min$은 계산 결과와 다르다. 투수계수는 $2.0 \times 10^{-6} m/min$이다.
계산 결과가 $2.0 \times 10^{-6} m/min$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

양면배수인데 시료 전체 두께를 H_{dr}로 쓰면 H_{dr}^2 때문에 c_v가 4배로 계산된다. 또한 m_v 계산에서 분모의 $1 + e_0$를 빼면 안 된다. 이 문항에서는 초기 간극비 $e_0 = 1.0$을 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

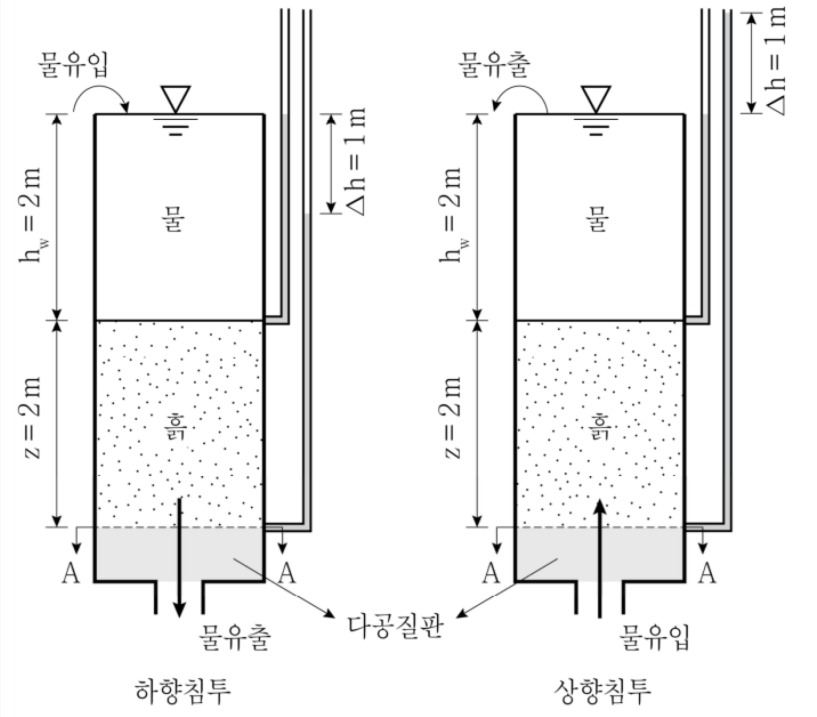
압밀시험 계산은 배수조건으로 H_{dr}를 먼저 정한 뒤 c_v를 구하고, e-σ' 자료로 m_v를 구한 다음 $k = c_v m_v \gamma_w$에 대입하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

양면배수는 $H_{dr} = H/2$, 그리고 $k = c_v m_v \gamma_w$이다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 조건에서 각각 하향침투와 상향침투가 발생할 경우, A-A단면에서의 유효응력[kN/m^2]은? (단, 흙의 포화단위중량은 20kN/m^3, 물의 단위중량은 10kN/m^{3}로 가정한다)



① 하향침투 시 유효응력: 10, 상향침투 시 유효응력: 30

② 하향침투 시 유효응력: 20, 상향침투 시 유효응력: 40

③ 하향침투 시 유효응력: 30, 상향침투 시 유효응력: 10

④ 하향침투 시 유효응력: 40, 상향침투 시 유효응력: 20

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 침투 방향에 따른 A-A 단면의 간극수압을 피압수두에서 구하고, 유효응력 $\sigma' = \sigma - u$를 계산하는 문제이다.

조건 정리

A-A 단면 위에는 물 2m와 흙 2m가 있다. 물의 단위중량은 10kN/m^3, 흙의 포화단위중량은 20kN/m^3이다.
A-A 단면의 전응력은 $\sigma_v = 10 \times 2 + 20 \times 2 = 60 kN/m^2$이다.
하향침투에서는 A의 피압수두가 A 위 3m이고, 상향침투에서는 A 위 5m이다.

NoteBase

사용할 공식

유효응력은 $\sigma' = \sigma_v - u$이고, 간극수압은 $u = \gamma_w h_p$이다. 여기서 h_p는 A-A 단면에서 피에조미터 수면까지의 압력수두이다. 침투 방향은 전응력을 바꾸지 않고 A에서의 간극수압을 바꾼다.

계산 과정

하향침투: $u = 10 \times 3 = 30 kN/m^2$이므로 $\sigma' = 60 - 30 = 30 kN/m^2$이다.
상향침투: $u = 10 \times 5 = 50 kN/m^2$이므로 $\sigma' = 60 - 50 = 10 kN/m^2$이다.
따라서 하향침투 시 30, 상향침투 시 10이다.

선지 판단

① X: 하향침투 시 유효응력은 10이 아니라 $30 kN/m^2$이다. 상향침투 시는 30이 아니라 $10 kN/m^2$이다. 틀린 표현인 '하향 10, 상향 30'은 침투 방향에 따른 간극수압 변화를 반대로 적용한 값이다.
② X: 하향침투 시 20이 아니라 $30 kN/m^2$, 상향침투 시 40이 아니라 $10 kN/m^2$이다. 틀린 표현인 '하향 20, 상향 40'은 피에조미터 수두차 $1m$를 올바르게 반영하지 않은 값이다.
③ O: 하향침투 시 $30 kN/m^2$, 상향침투 시 $10 kN/m^2$로 계산 결과와 일치한다.
④ X: 하향침투 시 40이 아니라 $30 kN/m^2$, 상향침투 시 20이 아니라 $10 kN/m^2$이다. 틀린 표현인 '하향 40, 상향 20'은 정수압 상태의 유효응력 $20 kN/m^2$에 수두차 효과를 잘못 더하거나 뺀 값이다.

오답 포인트

저수조 수면만 보고 A의 간극수압을 $40 kN/m^2$로 고정하면 안 된다. 하향침투에서는 A의 피압수두가 낮아져 간극수압이 작아지고 유효응력은 커진다. 상향침투에서는 반대로 간극수압이 커져 유효응력이 작아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

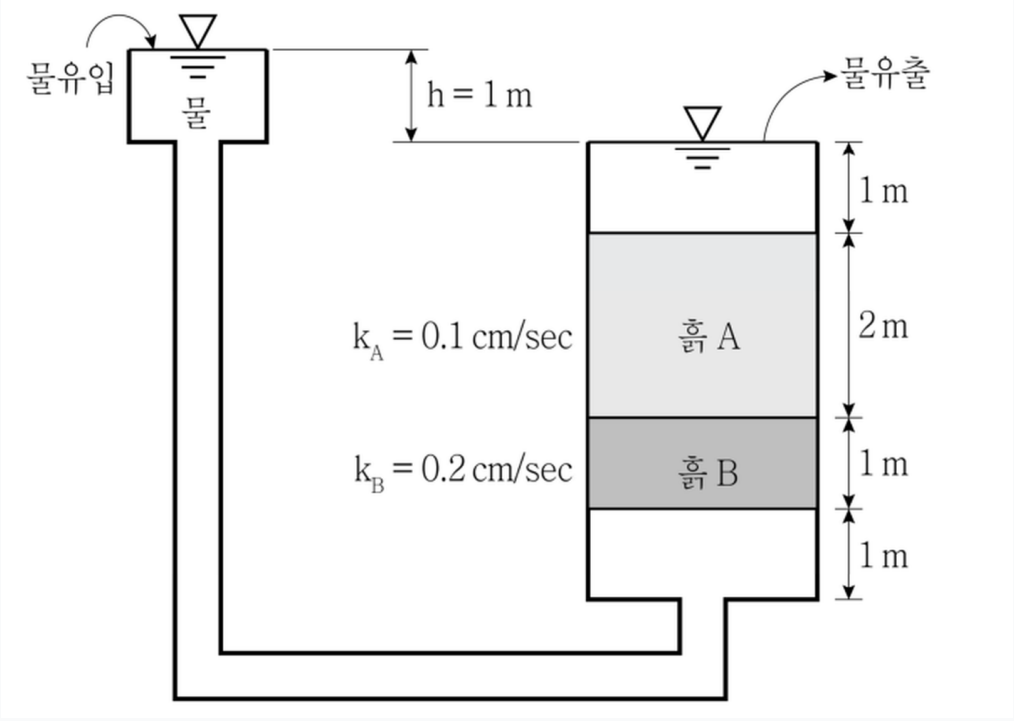
침투 문제에서는 먼저 단면 위 토층과 물기둥으로 전응력을 구한 뒤, 피에조미터 수면까지의 높이로 간극수압을 구한다. 마지막으로 $\sigma' = \sigma - u$를 적용해 침투 방향에 따른 유효응력의 증감을 판단한다.

암기 포인트

하향침투는 $u \downarrow$, $\sigma' \uparrow$, 상향침투는 $u \uparrow$, $\sigma' \downarrow$이다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 2개의 토층으로 물이 흐르고 있다. 수두차(h)가 1m로 일정하게 유지되고 있을 때, 유량 [cm^3/sec]은? (단, 흙의 단면적은 $100cm^2$이고, 각각의 흙은 균질하고 등방성이다)



① 4.0

② 4.4

③ 5.0

④ 5.6

정답 1번

출제 포인트

두 토층을 직렬로 통과하는 정상 침투에서 Darcy 법칙과 토층별 수리저항을 이용하여 유량을 구하는 문제이다.

조건 정리

상류와 하류의 수두차는 $h = 1m = 100cm$이다.

토층 A: $L_A = 2m = 200cm$, $k_A = 0.1cm/s$이다.

토층 B: $L_B = 1m = 100cm$, $k_B = 0.2cm/s$이다.

흙의 단면적은 $A = 100cm^2$이며, 두 토층은 직렬이므로 두 층을 지나는 유량은 같다.

NoteBase

사용할 공식

직렬 토층의 단위면적당 유량은 각 층의 수리저항을 합하여 $q = \frac{h}{\frac{L_A}{k_A} + \frac{L_B}{k_B}}$로 구한다.
각 토층에서 같은 유량이 연속적으로 흐르며, L/k가 흐름에 대한 저항으로 작용하므로 저항을 더하는 식을 사용한다. 전체 유량은 $Q = qA$이다.

계산 과정

1. 토층 A의 수리저항은 $L_A/k_A = 200/0.1 = 2000s$이다.
2. 토층 B의 수리저항은 $L_B/k_B = 100/0.2 = 500s$이다.
3. 전체 수리저항은 $2000 + 500 = 2500s$이므로, $q = \frac{100}{2500} = 0.04cm/s$이다.
4. 따라서 전체 유량은 $Q = qA = 0.04 \times 100 = 4.0cm^3/s$이다.

선지 판단

① O: 계산 유량은 $4.0cm^3/s$이므로 옳다.
② X: 틀린 표현은 유량이 $4.4cm^3/s$라는 부분이다. 올바르게는 유량이 $4.0cm^3/s$이다.
③ X: 틀린 표현은 유량이 $5.0cm^3/s$라는 부분이다. 올바르게는 유량이 $4.0cm^3/s$이다.
④ X: 틀린 표현은 유량이 $5.6cm^3/s$라는 부분이다. 올바르게는 유량이 $4.0cm^3/s$이다.

오답 포인트

토층 A와 B는 물이 차례로 통과하는 직렬 배치이므로 투수계수나 층 두께를 단순 평균하지 않는다. 특히 k_B가 더 크더라도 A의 $L_A/k_A = 2000s$가 전체 저항의 대부분을 차지한다.

다시 나오면 이렇게 판단

다층 토층 침투 문제는 먼저 수두차와 모든 길이를 같은 단위로 바꾼 뒤, 직렬이면 $\sum(L/k)$를 분모에 놓고 마지막에 단면적을 곱하여 유량을 구한다.

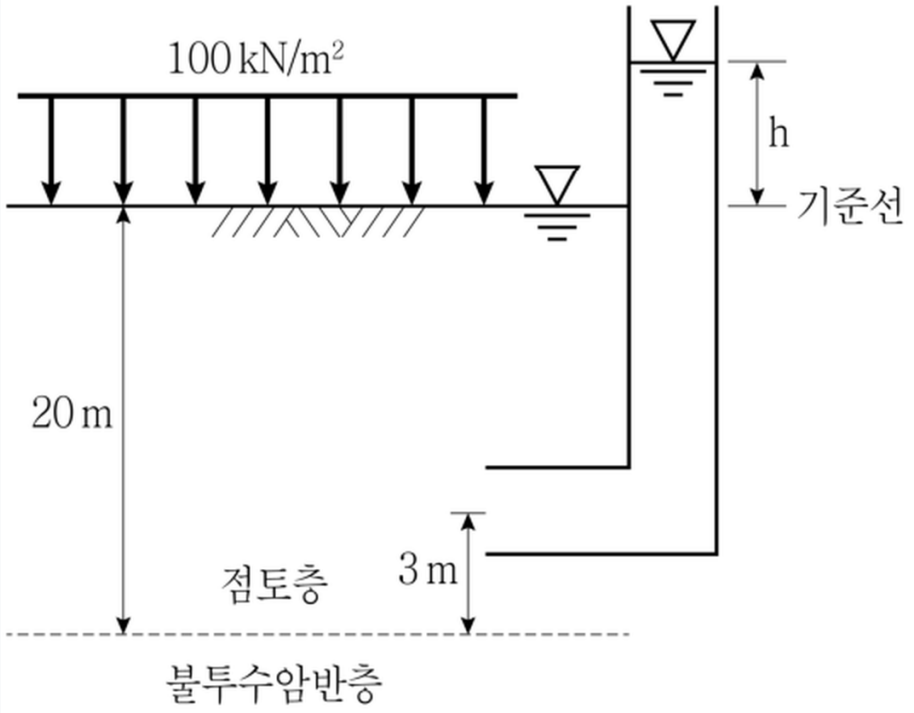
암기 포인트

직렬 토층은 저항합: $q = \Delta h/\sum(L/k)$, $Q = qA$이다.

NoteBase

문 8. 그림과 같이 지하수위가 지표면에 위치하는 점토 지반 표면에 무한 등분포하중 100kN/m^2가 가해졌다. 하중 재하 후 피에조메타 내의 수위 높이(h)가 4m로 될 때까지 걸리는 시간[min]은? (단, 시간계수에 따른 평균압밀도는 아래 표와 같고, 점토의 압밀계수는 $2 \times 10^{-5}\text{m}^2/\text{min}$이며, 물의 단위중량은 10kN/m^3로 가정한다. 또한, 피에조메타 높이는 평균압밀도를 나타낸다고 가정한다)

평균압밀도	10	20	30	40	50	60	70	80	90
시간계수	0.01	0.03	0.07	0.18	0.20	0.30	0.40	0.60	0.80



① 0.36×10^7

② 0.60×10^7

③ 0.80×10^7

④ 1.20×10^7

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 평균 과잉간극수압으로부터 평균압밀도 U를 구하고, 시간계수 T_v를 이용하여 압밀 시간을 계산하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

재하응력은 $\Delta\sigma = 100kN/m^2$이고, 피에조미터 수위 $h = 4m$는 평균 과잉간극수압을 수두로 나타낸 값이다. 물의 단위중량은 $\gamma_w = 10kN/m^3$, 압밀계수는 $C_v = 2 \times 10^{-5}m^2/min$이다. 점토층 두께는 $20m$이고 하부는 불투수암반이므로 상부 배수만 일어나는 단면배수 조건이며, 배수거리 $H_{dr} = 20m$이다.

사용할 공식

평균 과잉간극수압은 $\bar{u} = \gamma_w h$이고, 평균압밀도는 $U = 1 - \bar{u}/\Delta\sigma$이다. 압밀 시간은 $T_v = C_v t/H_{dr}^2$, 즉 $t = T_v H_{dr}^2/C_v$로 구한다. 재하 직후의 과잉간극수압은 $100kN/m^2$이며, 시간이 지나 수위가 낮아진 만큼 과잉간극수압이 소산되었으므로 이 관계식을 사용한다.

계산 과정

1. 피에조미터 수위로 평균 과잉간극수압을 구하면 $\bar{u} = 10 \times 4 = 40kN/m^2$이다.
2. 평균압밀도는 $U = 1 - 40/100 = 0.60$이다.
3. 표에서 $U = 60\%$일 때 $T_v = 0.30$이다.
4. 단면배수이므로 $H_{dr} = 20m$를 대입하면
$t = 0.30 \times 20^2/(2 \times 10^{-5}) = 6.0 \times 10^6 min = 0.60 \times 10^7 min$이다.

선지 판단

① X. $0.36 \times 10^7 min$은 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값 $0.36 \times 10^7 min$ → 올바르게는 $0.60 \times 10^7 min$이다.
② O. $U = 60\%$, $T_v = 0.30$, $H_{dr} = 20m$를 적용한 계산 결과가 $0.60 \times 10^7 min$이므로 옳다.
③ X. $0.80 \times 10^7 min$은 계산 결과보다 크다. 틀린 값 $0.80 \times 10^7 min$ → 올바르게는 $0.60 \times 10^7 min$이다.
④ X. $1.20 \times 10^7 min$은 계산 결과의 2배이다. 틀린 값 $1.20 \times 10^7 min$ → 올바르게는 $0.60 \times 10^7 min$이다.

오답 포인트

수위 h 자체를 압밀도로 보거나, 하부가 불투수암반인데도 양면배수로 보아 $H_{dr} = 10m$를 쓰는 실수가 핵심 함정이다. 이 문제의 $h = 4m$는 먼저 $\gamma_w h$로 평균 과잉간극수압으로 바꾸어야 하며, 단면배수의 배수거리는 점토층 전 두께인 $20m$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

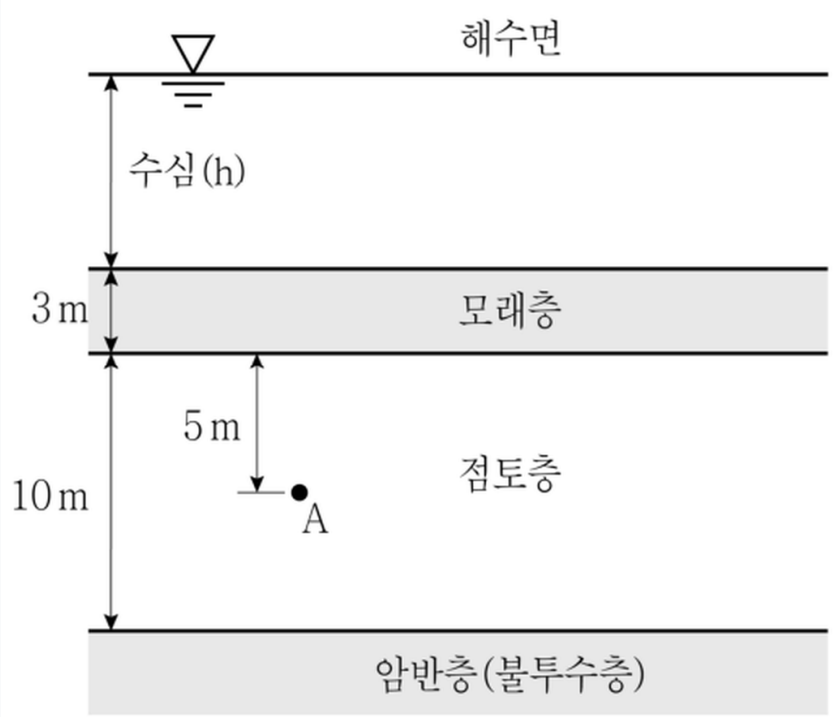
피에조미터 수위가 주어지면 $\bar{u} = \gamma_w h$로 수압을 구한 뒤 $U = 1 - \bar{u}/\Delta\sigma$로 압밀도를 정한다. 이어 표에서 T_v를 찾고, 배수면 수로 H_{dr}를 정하여 $t = T_v H_{dr}^2/C_v$를 적용한다.

암기 포인트

단면배수는 $H_{dr} = H$, 양면배수는 $H_{dr} = H/2$이다. 압밀 시간은 H_{dr}^2에 비례한다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 해저에 모래층, 점토층 그리고 암반층이 순차적으로 구성되어 있다. 수심(h)이 10m에서 15m로 증가할 때, 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 모두 고르면?



ㄱ. 점토층 A점의 간극수압은 증가한다.

ㄴ. 점토층 A점의 유효응력은 감소한다.

ㄷ. 점토층의 침하량은 수심 증가량에 비례한다.

ㄹ. 수심 증가에 의해 과압밀비가 증가하였다.

① ㄱ

② ㄷ, ㄹ

③ ㄱ, ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 해수면 상승 시 포화지반 내부의 전응력, 간극수압, 유효응력 및 과압밀비의 변화를 구별하는 문제이다.

NoteBase

핵심 개념

전응력은 흙과 물의 전체 하중에 의한 응력이고, 간극수압은 간극수에 작용하는 압력이다. 유효응력은 전응력에서 간극수압을 뺀 값이며, 포화지반 위의 수심만 5 m 증가하면 전응력과 간극수압이 같은 크기로 증가하므로 유효응력은 변하지 않는다. 과압밀비는 선행압밀응력과 현재 유효연직응력의 비이므로, 이 경우에도 변하지 않는다.

선지별 해설

① O. 해수면이 5 m 상승하면 A점까지의 물기둥 높이가 5 m 커진다. 따라서 A점의 간극수압은 물의 단위중량에 수심 증가분을 곱한 만큼 증가한다.

② X. 틀린 표현은 '유효응력은 감소한다'이다. 수심 증가로 전응력과 간극수압이 같은 크기만큼 증가하므로 유효응력은 감소하지 않고 변하지 않는다.

③ X. 틀린 표현은 '점토층의 침하량은 수심 증가량에 비례한다'이다. 이 상황에서는 점토층의 유효응력이 증가하지 않으므로 압밀침하가 발생하지 않는다.

④ X. 틀린 표현은 '과압밀비가 증가하였다'이다. 과압밀비는 유효연직응력에 의해 정해지며, 이 경우 유효응력이 변하지 않으므로 과압밀비도 변하지 않는다.

오답 포인트

수심 상승으로 간극수압이 증가한다는 사실만 보고 유효응력도 변한다고 판단하기 쉽다. 포화지반에서는 같은 수심 증가분에 의해 전응력도 함께 증가하므로 두 증가분이 상쇄된다.

다시 나오면 이렇게 판단

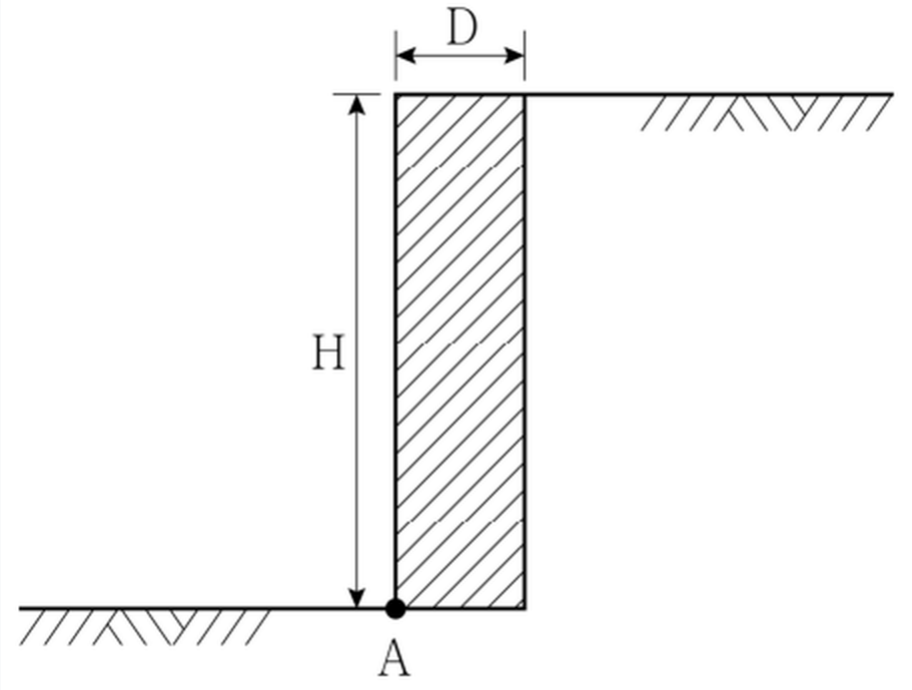
포화지반의 수위가 일괄적으로 오르내리는 문제에서는 먼저 전응력 증가분과 간극수압 증가분을 각각 비교한다. 두 증가분이 같으면 유효응력, 압밀침하 및 과압밀비는 변하지 않는다.

암기 포인트

포화지반의 수심만 증가: 전응력 증가 = 간극수압 증가 → 유효응력 · 침하 · 과압밀비는 불변이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 직사각형 콘크리트 옹벽의 A점에서 전도에 대한 안전율을 2배로 증가시키고자 한다. 이를 위해서 옹벽의 두께(D)는 몇 배 증가시켜야 하는가? (단, 옹벽의 높이는 유지하는 것으로 가정한다)



① 1

② $\sqrt{2}$

③ 2

④ 4

정답 2번

출제 포인트

직사각형 콘크리트 옹벽의 A점에 대한 전도 안전율이 두께 D의 제곱에 비례함을 이용하는 문제이다.

조건 정리

옹벽의 높이 H는 일정하고, 단위 길이당 옹벽의 자중은 단면적에 비례하므로 $W \propto DH$이다. 토압에 의한 전도모멘트는 H가 일정하면 변하지 않는다.

사용할 공식

전도 안전율은 F_s=(M_저항)/(M_전도)이다. 자중의 작용점은 밑면 중앙이므로 A점에 대한 저항모멘트는 M_저항=W·(D)/(2)이다. 자중 자체가 D에 비례하고 작용팔도 D에 비례하므로 M_저항 D^2가 된다.

NoteBase

계산 과정

두께를 기존의 k배로 하면 전도 안전율은 k^2배가 된다. 안전율을 2배로 하려면 $k^2 = 2$이므로 $k = \sqrt{2}$이다.

선지 판단

① X: '1배'로 하면 두께가 변하지 않아 자중과 저항모멘트도 변하지 않는다. 안전율은 2배가 아니라 기존과 같다. 틀린 표현 '1배' → 올바르게는 '$\sqrt{2}$배'이다.
② O: 두께를 $\sqrt{2}$배로 하면 저항모멘트는 $(\sqrt{2})^2 = 2$배가 되어 전도 안전율도 2배가 된다.
③ X: '2배'로 하면 저항모멘트는 $2^2 = 4$배가 된다. 안전율도 4배가 되므로 요구한 2배와 다르다. 틀린 표현 '2배' → 올바르게는 '$\sqrt{2}$배'이다.
④ X: '4배'로 하면 저항모멘트는 $4^2 = 16$배가 된다. 안전율도 16배가 된다. 틀린 표현 '4배' → 올바르게는 '$\sqrt{2}$배'이다.

오답 포인트

자중이 D에 비례한다는 점만 보고 안전율도 D에 비례한다고 판단하면 ③을 고르게 된다. 그러나 자중의 작용팔인 $D/2$도 함께 커지므로 저항모멘트와 안전율은 D^2에 비례한다.

다시 나오면 이렇게 판단

전도 안전율 문제에서는 먼저 전도모멘트가 일정한 조건인지 확인하고, 저항력의 크기와 그 작용팔이 각각 어떤 치수에 비례하는지 곱해 저항모멘트의 지수를 정한다.

암기 포인트

직사각형 옹벽은 $W \propto D$, 작용팔은 D이므로 전도 안전율은 D^2에 비례한다. 안전율 2배에는 두께 $\sqrt{2}$배가 필요하다.

NoteBase

문 11. 어떤 사질토 지반의 상대밀도가 50 %이다. 이 사질토 지반의 최소 간극비는 0.5, 최대 간극비는 0.7이다. 이 지반의 간극비는?

① 0.4

② 0.5

③ 0.6

④ 0.7

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 상대밀도 D_r와 최대·최소 간극비의 관계를 이용하여 현재 간극비 e를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 상대밀도 $D_r = 50\% = 0.5$, 최소 간극비 $e_{min} = 0.5$, 최대 간극비 $e_{max} = 0.7$이다. 구할 값은 이 지반의 현재 간극비 e이다. 상대밀도는 느슨한 상태인 e_{max}를 기준으로 현재 간극비가 최소 간극비 쪽으로 얼마나 가까워졌는지를 나타낸다.

사용할 공식

상대밀도 공식은

$D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$

이다. 최대·최소 간극비와 상대밀도가 주어졌으므로 이 식을 e에 대해 정리하여 사용한다.

계산 과정

$0.5 = \frac{0.7 - e}{0.7 - 0.5} = \frac{0.7 - e}{0.2}$

따라서 $0.7 - e = 0.1$이고, $e = 0.6$이다. 상대밀도가 50%이므로 현재 간극비는 0.5와 0.7의 정확한 중간값이 된다.

선지 판단

① X: 간극비 0.4는 주어진 최소 간극비 0.5보다 작다. 틀린 값 0.4 → 올바르게는 0.6이다.

② X: 간극비 0.5는 상대밀도 100%일 때의 최소 간극비이다. 틀린 값 0.5 → 올바르게는 0.6이다.

③ O: 계산 결과 현재 간극비는 0.6이다.

④ X: 간극비 0.7은 상대밀도 0%일 때의 최대 간극비이다. 틀린 값 0.7 → 올바르게는 0.6이다.

NoteBase

오답 포인트

상대밀도 50%를 최대 간극비 0.7 또는 최소 간극비 0.5와 바로 같다고 보는 함정이 있다. 0%는 e_{max}, 100%는 e_{min}에 대응하므로, 50%에서는 두 간극비의 중간값이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

상대밀도 문제는 먼저 $D_r = 0$이면 $e = e_{max}$, $D_r = 1$이면 $e = e_{min}$임을 확인한 뒤,
$D_r = (e_{max} - e)/(e_{max} - e_{min})$에 대입하여 e를 구한다.

암기 포인트

상대밀도는 0%일 때 최대 간극비, 100%일 때 최소 간극비이다.

NoteBase

문 12. 직접전단시험에서 수직응력이 1,200kN/m^{2}일 때 전단강도가 1,000kN/m^{2}이었고, 수직응력이 2,400kN/m^{2}일 때 전단강도가 1,800kN/m^{2}이었다. 이 흙의 점착력[kN/m^2]은? (단, Mohr-Coulomb 파괴이론을 따른다고 가정한다)

① 200

② 240

③ 300

④ 400

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직접전단시험 결과에 Mohr-Coulomb 파괴식 $\tau_f = c + \sigma\tan\phi$를 적용하여 점착력 c를 구하는 문제이다.

조건 정리

첫 번째 파괴조건은 수직응력 $\sigma = 1,200 kN/m^2$, 전단강도 $\tau_f = 1,000 kN/m^2$이다.
두 번째 파괴조건은 수직응력 $\sigma = 2,400 kN/m^2$, 전단강도 $\tau_f = 1,800 kN/m^2$이다.
구할 값은 전단강도 직선의 수직축 절편인 점착력 c이다.

사용할 공식

Mohr-Coulomb 파괴식은 $\tau_f = c + \sigma\tan\phi$이다. 여기서 c는 점착력이고, $\tan\phi$는 전단강도선의 기울기이다.
두 시험값이 주어졌으므로 두 점의 전단강도선 기울기와 절편을 구할 수 있다.

계산 과정

두 시험결과의 차를 이용하면 $\tan\phi = (1,800 - 1,000)/(2,400 - 1,200) = 800/1,200 = 2/3$이다.
첫 번째 시험값을 식에 대입하면 $1,000 = c + 1,200 \times (2/3)$이다.
따라서 $c = 1,000 - 800 = 200 kN/m^2$이다.

NoteBase

선지 판단

① O. 계산된 점착력은 $200kN/m^2$이므로 옳다.
② X. 점착력이 $240kN/m^2$라는 값은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 '240'이며, 올바르게는 점착력은 $200kN/m^2$이다.
③ X. 점착력이 $300kN/m^2$라는 값은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 '300'이며, 올바르게는 점착력은 $200kN/m^2$이다.
④ X. 점착력이 $400kN/m^2$라는 값은 계산 결과와 다르다. 틀린 표현은 '400'이며, 올바르게는 점착력은 $200kN/m^2$이다.
계산 결과가 $200kN/m^2$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

두 시험값을 바로 빼서 얻은 $800kN/m^2$을 점착력으로 오인하면 안 된다. 먼저 수직응력 차에 대한 전단강도 차로 $\tan\phi$를 구하고, 그 기울기를 한 시험값에 대입하여 절편 c를 구한다.

다시 나오면 이렇게 판단

직접전단시험 결과가 두 조 주어지면 $\Delta\tau/\Delta\sigma$로 $\tan\phi$를 구한 뒤, $c = \tau_f - \sigma\tan\phi$로 점착력을 계산한다. 응력과 전단강도의 단위가 모두 kN/m^2인지도 함께 확인한다.

암기 포인트

전단강도선에서 기울기는 $\tan\phi$, 수직축 절편은 점착력 c이다.

NoteBase

문 13. 지진이나 갑작스러운 충격하중으로 인해 액상화 현상이 발생하여 지반에 파괴가 발생할 수 있다. 이러한 액상화 현상에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 지진이 발생하는 경우, 지진동에 의해 모래가 수축하면서 간극수압이 상승하고 유효응력이 감소한다.

② 일반적으로 액상화에 취약한 지반은 퇴적 이력이 짧고 느슨한 모래지반에서 지하수위가 지표면 부근에 있는 경우이다.

③ 액상화로 인하여 비탈면의 횡방향 이동활동이 발생하여 사면파괴가 일어날 수 있다.

④ 배수가 잘 되지 않는 포화 점토지반에서 발생하기 쉽다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 지진 시 포화 사질지반에서 발생하는 액상화의 발생 조건과 결과를 묻는 문제이다.

핵심 개념

액상화는 느슨하고 포화된 모래지반이 반복적인 지진하중을 받을 때 간극수압이 증가하여 유효응력을 잃고 강도와 강성이 크게 저하되는 현상이다.
포화 사질지반은 지진 중 수축하려는 경향 때문에 간극수압이 커질 수 있고, 점토지반은 투수성과 입자 결합 특성이 달라 일반적인 액상화 취약지반으로 보지 않는다.

선지별 해설

① O. 느슨한 포화 모래는 지진동을 받으면 체적을 줄이려는 경향이 있고, 배수가 즉시 되지 않으면 간극수압이 상승한다. 그 결과 유효응력이 감소하여 전단강도가 저하된다.
② O. 액상화는 일반적으로 퇴적 이력이 짧고 느슨한 모래지반에서, 지하수위가 지표면 부근에 있어 포화된 경우에 취약하다.
③ O. 액상화로 지반의 전단강도가 감소하면 완만한 경사의 지반도 횡방향으로 이동하는 측방유동이 생길 수 있으며, 사면파괴로 이어질 수 있다.
④ X. 틀린 표현은 '포화 점토지반'이다. 액상화는 배수가 잘 되지 않는 포화 점토지반보다 느슨하고 포화된 사질지반에서 발생하기 쉽다.

오답 포인트

④는 '포화'와 '배수 불량'만 보고 액상화가 발생한다고 착각하게 한다. 액상화의 대표적인 취약 조건은 포화 여부뿐 아니라 모래처럼 입자가 느슨하게 쌓여 수축 경향을 보이는 사질토라는 점이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

지진 액상화 선지는 먼저 토질을 구분한다. 느슨한 포화 사질토이면 간극수압 상승, 유효응력 감소, 강도 저하의 연결이 성립한다. 점토지반을 일반적인 액상화 취약지반이라고 단정하면 틀린 선지이다.

암기 포인트

액상화는 '포화 느슨한 모래 → 간극수압 상승 → 유효응력·강도 감소'로 기억한다.

NoteBase

문 14. 직경 400mm의 원형 콘크리트말뚝을 균일한 점토지반($\phi_u = 0$)에 10m를 연직으로 타입하였다. 점토의 비배수 일축압축강도는 80kN/m^{2}이고 단위중량은 19kN/m^{3}이다. 안전율은 3을 적용하고 부착력계수(α)는 깊이와 관계없이 1로 가정할 때, 말뚝의 허용지지력[kN]은? (단, π는 3으로 가정한다)

① 174.4

② 334.4

③ 523.2

④ 1,003.2

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 균질한 점토지반에 타설한 원형 콘크리트 말뚝의 극한지지력을 주면마찰력과 선단지지력으로 구한 뒤, 안전율을 적용하여 허용지지력을 산정하는 문제이다.

조건 정리

주어진 일축압축강도는 $q_u = 80kN/m^2$이고, 비배수 점토의 비배수전단강도는 $c_u = q_u/2 = 40kN/m^2$이다.
말뚝 지름은 $D = 400mm = 0.4m$, 길이는 $L = 10m$, 부착력계수는 $\alpha = 1$, 안전율은 3이다.
문제에서 주어진 단위중량 $19kN/m^3$은 이 알파법 계산에는 사용되지 않는다.

사용할 공식

주면마찰력은 $Q_s = \alpha c_u \pi D L$, 선단지지력은 $Q_b = N_c c_u A_p$이며, 점토의 극한 선단지지력계수는 $N_c = 9$이다.
원형 말뚝의 선단면적은 $A_p = \pi D^2/4$이다.
점토의 비배수 조건에서는 전단강도 c_u가 주면마찰력과 선단지지력을 결정하므로 이 공식을 사용한다.
허용지지력은 $Q_{all} = (Q_s + Q_b)/FS$로 구한다.

계산 과정

1. 주면마찰력은 $Q_s = 1 \times 40 \times 3 \times 0.4 \times 10 = 480kN$이다.
2. 선단면적은 $A_p = 3 \times 0.4^2/4 = 0.12m^2$이고, 선단지지력은 $Q_b = 9 \times 40 \times 0.12 = 43.2kN$이다.
3. 극한지지력은 $Q_u = 480 + 43.2 = 523.2kN$이다.
4. 허용지지력은 $Q_{all} = 523.2/3 = 174.4kN$이다.

NoteBase

선지 판단

① O: 계산한 허용지지력은 $174.4kN$이므로 옳다.
② X: 허용지지력을 $334.4kN$으로 한 표현이 틀렸다. 올바르게는 $174.4kN$이다. 극한지지력 $523.2kN$에 안전율 3을 적용해야 한다.
③ X: 허용지지력을 $523.2kN$으로 한 표현이 틀렸다. 올바르게는 $174.4kN$이다. $523.2kN$은 안전율을 적용하기 전의 극한지지력이다.
④ X: 허용지지력을 $1,003.2kN$으로 한 표현이 틀렸다. 올바르게는 $174.4kN$이다. 주면마찰력과 선단지지력을 산정한 뒤 안전율로 나누어야 한다.
계산 결과 $174.4kN$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

③은 극한지지력 $523.2kN$을 허용지지력으로 혼동한 값이다. 이 문항의 핵심 함정은 강도 q_u를 바로 쓰는 것이 아니라 $c_u = q_u/2$로 바꾸고, 마지막에 안전율 3을 적용하는 순서를 빠뜨리는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

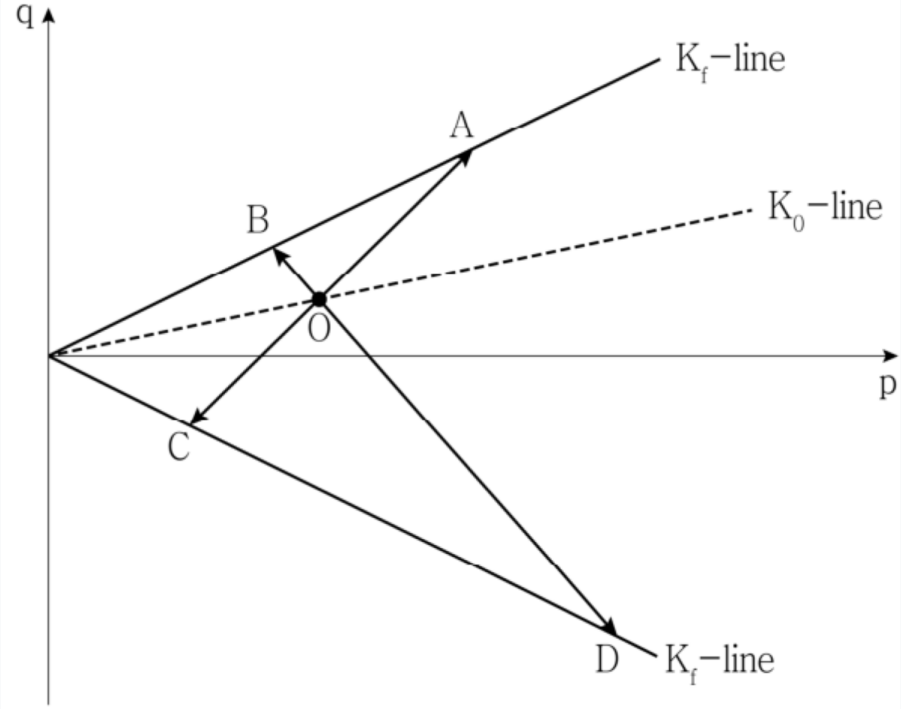
점토 말뚝 계산에서는 먼저 $c_u = q_u/2$를 구한다. 이어서 $Q_s = \alpha c_u \pi D L$과 $Q_b = 9 c_u A_p$를 합쳐 극한지지력을 구하고, 마지막에 안전율로 나누어 허용지지력을 판단한다.

암기 포인트

점토 말뚝: $q_u/2 = c_u$, 극한지지력은 주면+선단, 허용지지력은 극한지지력 ÷ 안전율이다.

NoteBase

문 15. 그림은 $p-q$ 좌표의 K_0 선과 K_f 선을 나타낸다. 사질토에서 $K_0 < 1$인 경우, 정지토압상태에서 수동토압상태로 변화하는 응력경로는?



① OA

② OB

③ OC

④ OD

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 p-q 응력경로에서 정지토압 상태를 수동토압 상태로 바꿀 때의 응력 변화 방향을 판단하는 문제이다. $K_0 < 1$이면 O점에서는 연직응력 σ_v가 수평응력 σ_h보다 크며, 수동토압으로 갈수록 σ_h가 증가한다.

NoteBase

선지별 해설

① X — OA는 p와 q가 함께 증가하는 경로로, 수평응력을 거의 일정하게 두고 연직응력이 증가하는 경우에 해당한다. 수동토압은 연직응력이 일정한 상태에서 수평응력이 증가하는 것이므로, OA → OD이다.

② X — OB는 p가 감소하고 q가 증가한다. 이는 연직응력은 일정하고 수평응력이 감소하는 주동토압 방향이다. 수동토압 방향은 수평응력이 증가하는 OD이다.

③ X — OC는 p와 q가 함께 감소하는 경로로, 수평응력을 거의 일정하게 두고 연직응력이 감소하는 경우에 해당한다. 수동토압으로의 변화는 OC → OD이다.

④ O — OD에서는 p가 증가하고 q가 감소한다. $\sigma_v = p + q$는 일정하고 $\sigma_h = p - q$는 증가하므로, 정지토압 상태에서 수동토압 상태로 변하는 경로이다.

오답 포인트

②의 OB는 연직응력을 일정하게 한다는 점에서는 OD와 같아 혼동하기 쉽다. 그러나 OB에서는 수평응력이 감소하여 주동토압으로 향하고, OD에서는 수평응력이 증가하여 수동토압으로 향한다.

다시 나오면 이렇게 판단

토압 문제에서는 먼저 고정되는 응력을 확인한다. 벽체가 움직이며 연직응력이 일정할 때 $\sigma_v = p + q$이고, 수평응력 증가이면 p는 증가하고 q는 감소하므로 오른쪽 아래로 진행한다.

암기 포인트

연직응력 일정: 수평응력 감소는 주동(왼쪽 위), 수평응력 증가는 수동(오른쪽 아래)이다.

NoteBase

문 16. 어떤 모래시료에 대한 압밀배수 삼축압축시험에서 파괴면의 각도는 수평면에 대해 60 °이다. 시료에 파괴가 일어난 순간의 축차응력이 120kN/m^{2}일 때, 구속압력[kN/m^2]은? (단, Mohr-Coulomb 파괴이론을 따른다고 가정한다)

① 60

② 90

③ 120

④ 150

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 압밀배수 삼축압축시험에서 파괴면의 경사로 내부마찰각 φ를 구한 뒤, Mohr-Coulomb 파괴조건으로 구속압력 σ_3을 계산하는 문제이다.

조건 정리

파괴면은 수평면과 60°를 이룬다. 축차응력은 $\sigma_1 - \sigma_3 = 120 kN/m^2$이다. 모래의 배수 전단강도는 일반적으로 점착력 $c = 0$으로 본다. 구할 값은 구속압력 σ_3이다.

사용할 공식

삼축압축 시 파괴면이 수평면과 이루는 각도는 $45° + \varphi/2$이다. 또한 $c = 0$일 때 파괴 시 축차응력은 다음과 같다.

$\sigma_1 - \sigma_3 = (2\sigma_3 sin\varphi)/(1 - sin\varphi)$

파괴면의 각도가 주어졌으므로 먼저 φ를 정하고, 그 φ를 축차응력 식에 대입한다.

계산 과정

1. $60° = 45° + \varphi/2$이므로 $\varphi = 30°$이다.
2. $sin30° = 0.5$이므로 $120 = (2\sigma_3 \times 0.5)/(1 - 0.5) = 2\sigma_3$이다.
3. 따라서 $\sigma_3 = 60 kN/m^2$이다.

NoteBase

선지 판단

① O. 계산한 구속압력은 $60kN/m^2$이므로 옳다.
② X. 선지의 $90kN/m^2$는 계산값과 다르다. 틀린 수치 $90kN/m^2$ → 올바르게는 $60kN/m^2$이다.
③ X. 선지의 $120kN/m^2$는 구속압력이 아니라 주어진 축차응력의 크기이다. 틀린 수치 $120kN/m^2$ → 올바르게는 구속압력 $60kN/m^2$이다.
④ X. 선지의 $150kN/m^2$는 파괴조건 계산 결과와 다르다. 틀린 수치 $150kN/m^2$ → 올바르게는 $60kN/m^2$이다.
계산 결과 구속압력은 $60kN/m^2$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

③처럼 축차응력 $\sigma_1 - \sigma_3$와 구속압력 σ_3을 같은 값으로 혼동하기 쉽다. 또한 파괴면 각도 $60°$를 내부마찰각 φ로 바로 놓으면 안 되며, $45° + \varphi/2$ 관계를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

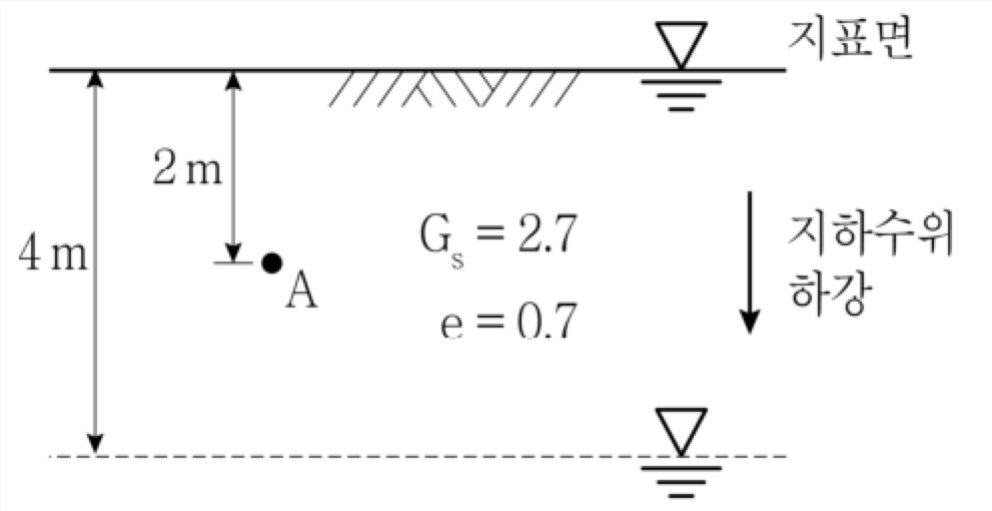
삼축압축 계산형 문제는 파괴면 각도에서 φ를 먼저 구하고, $c = 0$ 여부를 확인한 뒤 $\sigma_1 - \sigma_3$ 식에 대입하여 σ_3을 계산한다. 마지막에는 축차응력과 구속압력의 의미와 단위 kN/m^2를 구분해 검산한다.

암기 포인트

삼축압축 파괴면 각도는 $45° + \varphi/2$이다. $\varphi = 30°$, $c = 0$이면 $\sigma_1 - \sigma_3 = 2\sigma_3$이다.

NoteBase

문 17. 그림과 같은 지반조건에서 지표면에 있었던 지하수위가 지표 아래 4m 깊이로 하강하였다. 지하수위 하강 이후 지표에서의 포화도는 0%이고, 4m 깊이에서의 포화도는 100%로 깊이에 따라 선형으로 분포한다고 가정한다. 지하수위 하강으로 인해 지표면 아래 2m 깊이의 A점에서 발생한 수직 유효응력 [kN/m^2]의 증가량은? (단, 지하수위 하강으로 간극비의 변화는 없고, 부분포화상태에서의 간극수압은 $u = -S\gamma_w h_c$로 계산한다. 여기서, S는 포화도, γ_w는 물의 단위중량으로 10kN/m^3, h_c는 모세관 수두로 A점에서는 2m로 가정한다. 계산결과는 소수점 첫째 자리에서 반올림한다)



① 24

② 26

③ 28

④ 30

정답 1번

출제 포인트

지하수위 하강 뒤 부분포화토의 단위중량과 모관흡수에 의한 음의 간극수압을 반영하여 A점의 수직 유효응력 증가량을 구하는 문제이다.

조건 정리

하강 전에는 지하수위가 지표면에 있으므로 A점까지 포화상태이다. 하강 후 포화도는 지표면에서 0%, 깊이 $4m$에서 100%로 선형 분포하므로, A점(깊이 $2m$)의 포화도는 $S_A = 0.5$이다. A점의 모세관 수두는 $h_c = 2m$이다.

NoteBase

사용할 공식

포화도 S일 때 토체의 단위중량은 $\gamma = \frac{G_s + Se}{1+e}\gamma_w$이고, 부분포화상태의 간극수압은 $u = -S\gamma_w h_c$이다. 유효응력 변화는 $\Delta\sigma'_v = \Delta\sigma_v - \Delta u$로 구한다. 수위 하강 뒤에는 상부 토층의 포화도가 줄어 총응력이 감소하고, A점의 간극수압은 양압에서 음압으로 변하므로 두 변화를 모두 반영한다.

계산 과정

1. 하강 전 포화단위중량은 $\gamma_{sat} = \frac{2.7+0.7}{1+0.7} \times 10 = 20kN/m^3$이므로 $\sigma_{v,0} = 20 \times 2 = 40kN/m^2$, $u_0 = 10 \times 2 = 20kN/m^2$이다.
2. 하강 후 지표면부터 A점까지 포화도는 0에서 0.5로 선형 증가하므로 평균 포화도는 0.25이다. 따라서 이 구간의 평균 단위중량은 $\bar{\gamma} = \frac{2.7+0.25\times0.7}{1+0.7} \times 10 = 16.91kN/m^3$이고, $\sigma_{v,1} = 16.91 \times 2 = 33.82kN/m^2$이다.
3. 하강 후 A점의 간극수압은 $u_1 = -0.5 \times 10 \times 2 = -10kN/m^2$이다.
4. $\Delta\sigma'_v = (33.82 - 40) - (-10 - 20) = 23.82kN/m^2$이며, 소수점 첫째 자리에서 반올림하면 $24kN/m^2$이다.

선지 판단

① O. 계산값이 $23.82kN/m^2$이므로 반올림하면 $24kN/m^2$이다.
② X. $26kN/m^2$는 계산 결과와 일치하지 않는다. 틀린 값 $26kN/m^2$ → 올바르게는 $24kN/m^2$이다.
③ X. $28kN/m^2$는 포화도 분포에 따른 상부 토층의 평균 단위중량과 간극수압 변화를 함께 반영한 값이 아니다. 틀린 값 $28kN/m^2$ → 올바르게는 $24kN/m^2$이다.
④ X. $30kN/m^2$는 간극수압이 $20kN/m^2$에서 $-10kN/m^2$로 변한 효과만 반영하고, 총응력이 $6.18kN/m^2$ 감소한 점을 빼지 않은 값이다. 틀린 값 $30kN/m^2$ → 올바르게는 $24kN/m^2$이다.

오답 포인트

④의 $30kN/m^2$처럼 간극수압 감소량만 유효응력 증가량으로 보면 안 된다. 수위 하강 후 상부 토층의 포화도가 낮아져 총응력도 감소하므로, $\Delta\sigma_v$를 함께 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

수위 하강 문제에서는 먼저 하강 전·후의 포화도 분포로 총응력 변화를 구하고, 이어서 같은 점의 간극수압 변화를 구한 뒤 $\Delta\sigma' = \Delta\sigma - \Delta u$를 적용한다. 부분포화토에서는 u가 음수일 수 있음을 반영한다.

암기 포인트

유효응력 증가량은 '총응력 감소분'과 '간극수압 감소분'을 함께 계산한 값이다.

NoteBase

문 18. 비배수 전단강도가 25kN/m²인 포화된 점토지반을 연직으로 굴착하고자 한다. 안정수를 활용하여 굴착할 수 있는 최대 깊이[m]는? (단, 안정수는 0.2, 포화단위중량은 15kN/m³, 안전율은 1로 가정한다)

① 1.67

② 3.00

③ 3.33

④ 8.33

정답 4번

출제 포인트

비배수 상태 포화점토의 연직굴착 안정수로부터 안전율 1일 때의 최대 굴착깊이를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 비배수 전단강도 $c_u = 25kN/m^2$, 포화단위중량 $\gamma_{sat} = 15kN/m^3$, 안정수 $N_s = 0.2$, 안전율 $F_s = 1$이다. 구하는 값은 연직굴착의 최대 깊이 H이다. 안전율이 1이므로 한계평형 상태의 깊이를 구한다.

사용할 공식

연직굴착의 안정수는 $N_s = \frac{c_u}{\gamma_{sat} H}$로 나타낸다. 따라서 $H = \frac{c_u}{N_s \gamma_{sat}}$이다. 비배수 조건에서 점토의 전단강도와 토체 자중에 의한 응력을 비교하는 안정수 정의이므로 이 식을 사용한다.

계산 과정

1. 안정수 식을 깊이 H에 대해 정리하면 $H = c_u/(N_s \gamma_{sat})$이다.
2. 주어진 값을 대입하면 $H = \frac{25kN/m^2}{0.2 \times 15kN/m^3}$이다.
3. 따라서 $H = \frac{25}{3}m = 8.33m$이다. kN/m^2를 kN/m^3로 나누므로 단위는 m가 된다.

선지 판단

① X: 계산 결과는 $8.33m$이므로 $1.67m$는 최대 굴착깊이가 될 수 없다. 틀린 표현 '$1.67m$' → 올바르게는 '$8.33m$'이다.
② X: 안정수 0.2를 반영한 계산값은 $8.33m$이므로 $3.00m$는 식의 결과와 일치하지 않는다. 틀린 표현 '$3.00m$' → 올바르게는 '$8.33m$'이다.
③ X: $H = 25/(0.2 \times 15)$이므로 $3.33m$가 아니다. 틀린 표현 '$3.33m$' → 올바르게는 '$8.33m$'이다.
④ O: $H = 25/(0.2 \times 15) = 8.33m$이므로 옳다.
계산 결과 $8.33m$이므로 정답은 4번이다.

NoteBase

오답 포인트

안정수 N_s는 식의 분모에 들어간다. $N_s = 0.2$를 누락하거나 곱셈 위치를 바꾸면 ①~③처럼 계산값이 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

연직굴착의 최대 깊이 문제는 먼저 $N_s = c_u/(\gamma H)$에서 $H = c_u/(N_s\gamma)$로 정리한 뒤, 전단강도 단위와 단위중량 단위를 나누어 최종 단위가 m인지 검산한다.

암기 포인트

연직굴착 깊이: $H = c_u/(N_s\gamma)$. 전단강도는 클수록, 안정수와 단위중량은 작을수록 최대 깊이가 커진다.

NoteBase

문 19. 간극비가 0.81이고 함수비가 20%인 불포화 상태의 흙 시료가 있다. 이를 완전히 포화시키려면, 포화 시료 간극수 중량(W_1)은 현재 간극수 중량(W_0) 대비 몇 배 $\left(\frac{W_1}{W_0}\right)$인가? (단, 흙 입자의 비중은 2.7로 가정한다)

① 1.2

② 1.5

③ 1.8

④ 2.1

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 포화도 S, 함수비 w, 간극비 e, 흙입자 비중 G_s의 관계를 이용하여 포화 시 물 중량의 비를 구하는 문제이다.

조건 정리

간극비는 $e = 0.81$, 현재 함수비는 $w_0 = 20\% = 0.20$, 흙입자 비중은 $G_s = 2.7$이다.
포화 시에는 $S = 1$이고, 같은 흙 시료에서는 흙 입자 중량이 일정하므로 물 중량의 비는 함수비의 비와 같다.

사용할 공식

함수비와 포화도의 관계는 $S = \frac{wG_s}{e}$이다. 따라서 포화 상태에서는 $S = 1$이므로 $w_1 = \frac{e}{G_s}$를 사용한다. 주어진 간극비와 흙입자 비중으로 포화 시 함수비를 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 포화 시 함수비는 $w_1 = \frac{0.81}{2.7} = 0.30$이므로 30%이다.
2. 현재 함수비는 $w_0 = 0.20$이다.
3. 따라서 $\frac{W_1}{W_0} = \frac{w_1}{w_0} = \frac{0.30}{0.20} = 1.5$이다.

선지 판단

① X. 1.2배라는 수치가 틀렸다. 계산 결과는 $\frac{W_1}{W_0} = 1.5$이므로, 포화 시 물 중량은 현재 물 중량의 1.5배이다.

② O. 포화 시 함수비가 30%이고 현재 함수비가 20%이므로 $\frac{W_1}{W_0} = \frac{30}{20} = 1.5$이다.

③ X. 1.8배라는 수치가 틀렸다. 포화 시 물 중량은 현재 물 중량의 1.8배가 아니라 1.5배이다.

④ X. 2.1배라는 수치가 틀렸다. 포화 시 물 중량은 현재 물 중량의 2.1배가 아니라 1.5배이다.

NoteBase

오답 포인트

포화 시 함수비 30%를 곧바로 물 중량비 0.30으로 보는 오류가 흔하다. 구할 값은 포화 후와 현재의 물 중량비이므로 포화 함수비 30%를 현재 함수비 20%로 나누어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

간극비와 흙입자 비중이 주어지고 포화 상태를 묻는 경우에는 먼저 $w_{\text{sat}} = \frac{e}{G_s}$로 포화 함수비를 구한다. 같은 시료의 물 중량비는 함수비의 비 $\frac{W_1}{W_0} = \frac{w_1}{w_0}$로 판단한다.

암기 포인트

포화이면 $w = \frac{e}{G_s}$, 같은 시료이면 물 중량비는 함수비의 비이다.

NoteBase

문 20. 폭이 3m이고 길이가 10m인 직사각형 직접기초를 모래지반의 지표면 위에 설치하였다. Terzaghi 이론에 따라 극한지지력 Q_u를 구한 결과 30kN으로 산정되었다. 길이의 변화없이 기초의 폭을 3m에서 6m로 늘릴 때 기초의 극한지지력 Q_u[kN]는? (단, 깊이에 따라 흙의 성질은 변화가 없고 Terzaghi 이론에 따라 지표면 위에서의 극한지지력 $q_u = cN_c + \frac{1}{2}B\gamma N_\gamma + qN_q$로 계산한다)

① 30

② 60

③ 90

④ 120

정답 4번

출제 포인트

Terzaghi 지지력식에서 지표면 위 모래지반의 기초 폭 변화가 단위면적 극한지지력과 총 극한지지력에 미치는 영향을 묻는 문제이다.

조건 정리

초기 폭은 $3m$, 길이는 $10m$, 총 극한지지력은 $30kN$이다. 폭만 $6m$로 2배가 되고 길이와 흙의 성질은 변하지 않는다. 모래지반의 지표면 기초에서는 $c = 0$, $q = 0$이므로 폭 B가 들어 있는 항만 남는다.

사용할 공식

지표면 모래지반에서는 $q_u = \frac{1}{2}B\gamma N_\gamma$ 이다. 따라서 단위면적 극한지지력 q_u는 B에 비례한다. 총 극한지지력은 $Q_u = q_u \times (BL)$ 이므로, 길이 L가 일정할 때 Q_u는 B^2에 비례한다.

계산 과정

1. 폭이 $3m$에서 $6m$로 2배가 되므로 q_u는 2배가 된다.
2. 기초 면적 BL도 폭 증가에 따라 2배가 된다.
3. 따라서 총 극한지지력은 $2 \times 2 = 4$배이다.

$Q_{u,2} = 30kN \times 4 = 120kN$

선지 판단

① X. $30kN$은 폭 변화의 영향을 전혀 반영하지 않은 값이다. 틀린 표현인 '30'은 '120'으로 고쳐야 한다.
② X. $60kN$은 단위면적 극한지지력만 2배가 된 것으로 보고, 기초 면적이 2배가 되는 점을 빠뜨린 값이다. 틀린 표현인 '60'은 '120'으로 고쳐야 한다.
③ X. $90kN$은 폭과 총 지지력의 비례관계에 맞지 않는 값이다. 틀린 표현인 '90'은 '120'으로 고쳐야 한다.
④ O. 폭 2배로 단위면적 극한지지력 2배, 기초 면적 2배가 되어 총 극한지지력은 4배인 $120kN$이다.

NoteBase

오답 포인트

②처럼 지지력식의 B 항만 보고 2배를 적용하면 안 된다. 문제에서 묻는 Q_u는 총 극한지지력이므로, 단위면적 지지력 증가와 기초 면적 증가를 모두 반영한다.

다시 나오면 이렇게 판단

지표면 모래지반에서 길이가 일정하면 먼저 $q_u \propto B$인지 확인하고, 이어 $Q_u = q_u BL$에 대입한다. 그러면 $Q_u \propto B^2$로 판단된다.

암기 포인트

지표면 모래지반 · 길이 일정: $q_u \propto B$, $Q_u \propto B^2$이다.

NoteBase