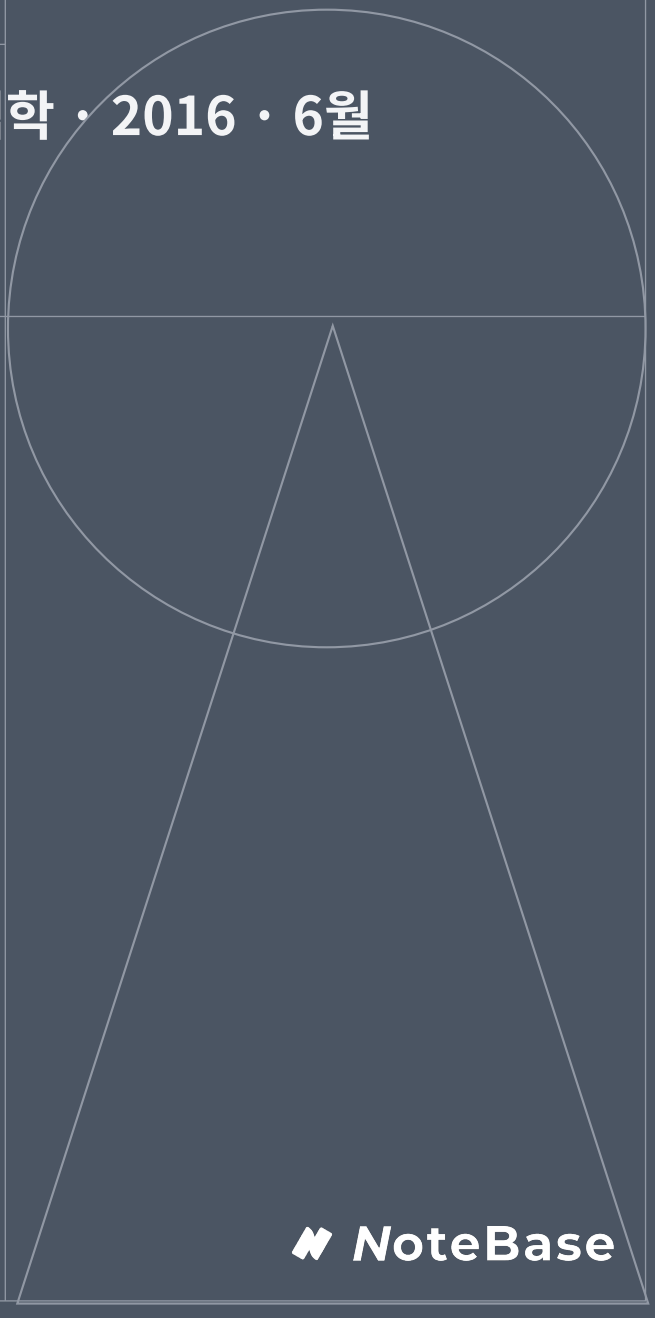
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 토질역학 · 2016 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 토질역학 · 2016 · 6월

공무원/서울시/7급 · 토질역학 · 2016 · 6월

문 1. 폐기물 매립장에서 누출된 침출수가 지하수를 통하여 100m 떨어진 하천으로 이동한다. 매립장 내부와 하천의 수위차가 5m이고, 매립장과 하천 사이에 있는 포화된 지반은 평균 투수계수가 2×10^{-3}cm/sec인 자유면 대수층으로 구성된 경우, 침출수가 하천에 도착하는 데 걸리는 시간[sec]은 얼마인가? (단, 이 대수층의 공극비 $e = 0.25$이다.)

① 1×10^{7}

② 2×10^{7}

③ 3×10^{7}

④ 4×10^{7}

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 자유면 대수층에서 실제 침투속도와 공극률을 이용해 침출수의 이동 시간을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 이동거리: 100m
- 수위차: 5m
- 평균 투수계수: $2 \times 10^{-3} cm/sec = 2 \times 10^{-5} m/sec$
- 공극비: $e = 0.25$

구해야 할 값:
- 침출수가 하천에 도착하는 시간

주의할 조건:
- 자유면 대수층에서 물의 실제 이동속도는 Darcy 유속이 아니라 공극률을 나눈 침투속도이다.

NoteBase

사용할 공식

사용 공식은 다음과 같다.

$i = \frac{\Delta h}{L}, \quad n = \frac{e}{1+e}, \quad v_s = \frac{ki}{n}, \quad t = \frac{L}{v_s}$

이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 수위차와 이동거리, 투수계수, 공극비가 함께 주어졌으므로 수리경사와 공극률을 구한 뒤 실제 침투속도로 이동 시간을 계산해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 수리경사는 $i = \frac{5}{100} = 0.05$이다.
2. 공극률은 $n = \frac{e}{1+e} = \frac{0.25}{1.25} = 0.2$이다.
3. Darcy 유속은 $ki = (2 \times 10^{-5})(0.05) = 1 \times 10^{-6} m/sec$이다.
4. 실제 침투속도는 $v_s = \frac{ki}{n} = \frac{1 \times 10^{-6}}{0.2} = 5 \times 10^{-6} m/sec$이다.
5. 이동 시간은 $t = \frac{100}{5 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{7} sec$이다.

선지별 해설

① X

- 계산 결과는 $2 \times 10^{7} sec$이므로 $1 \times 10^{7} sec$는 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 시간값이다. 올바르게는 $2 \times 10^{7} sec$이다.
- 이 값은 공극률을 반영하지 않거나 이동거리를 절반으로 잘못 본 경우에 가깝다.

② O

- $i = 0.05, n = 0.2, v_s = 5 \times 10^{-6} m/sec$로 계산하면 이동 시간은 $2 \times 10^{7} sec$이다.
- 따라서 ②가 옳다.

③ X

- $3 \times 10^{7} sec$는 계산 결과보다 크므로 틀리다.
- 틀린 표현은 시간값이다. 올바르게는 $2 \times 10^{7} sec$이다.
- 이 값은 공극률이나 투수계수 변환을 부정확하게 처리했을 때 나올 수 있는 오답이다.

④ X

- $4 \times 10^{7} sec$는 정답의 두 배이므로 틀리다.
- 틀린 표현은 시간값이다. 올바르게는 $2 \times 10^{7} sec$이다.
- 이 값은 $2 \times 10^{-3} cm/sec$를 m/sec로 바꾸지 않고 그대로 대입하거나 속도식을 거꾸로 적용한 경우에 가까운 오답이다.

NoteBase

오답 포인트

투수계수 단위 변환과 공극비·공극률 구분이 핵심 함정이다. $e = 0.25$를 그대로 분모에 넣지 않고 반드시 $n = \frac{e}{1+e} = 0.2$로 바꿔야 하며, $2 \times 10^{-3} cm/sec$는 $2 \times 10^{-5} m/sec$로 환산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

침투시간 문제는 수리경사 i를 먼저 구하고, 공극비가 주어지면 공극률 n으로 변환한 뒤, $v_s = ki/n$로 실제 이동속도를 계산해서 $t = L/v_s$ 순서로 판단한다.

암기 포인트

자유면 대수층 이동시간은 Darcy 유속이 아니라 실제 침투속도 $v_s = ki/n$로 계산한다.

NoteBase

문 2. 지하수면이 지표면에 위치한 점토지반의 넓은 면적에 50 kPa의 등분포하중이 재하되었다. 하중 재하 6개월 후 점토지반 임의의 지점에서 물기둥은 지하수면 위 2m 높이에 위치한다. 이때 이 임의의 지점에서의 압밀도는 얼마인가? (단, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$로 가정한다.)

① 20%

② 30%

③ 40%

④ 60%

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 재하 직후의 과잉간극수압과 일정 시간 후 남아 있는 과잉간극수압을 이용하여 압밀도 U를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 넓은 면적에 등분포하중 50 kPa가 재하되었다.
주어진 값: 지하수면은 지표면에 있다.
주어진 값: 6개월 후 임의의 지점의 물기둥 높이는 지하수면 위 2m이다.
주어진 값: 물의 단위중량은 $10kN/m^3$이다.
구해야 할 값: 6개월 후 압밀도이다.
주의할 조건: 넓은 면적의 포화 점토지반에서는 재하 직후 하중 증가분이 전부 과잉간극수압으로 작용한다.

사용할 공식

남아 있는 과잉간극수압은 $u = \gamma_w h$이다.
압밀도는 $U = \frac{u_0 - u_t}{u_0} = 1 - \frac{u_t}{u_0}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 이 문항은 시간 경과 후 피에조미터 수두로 현재 과잉간극수압을 알 수 있고, 재하 직후 과잉간극수압은 등분포하중 증가분 50 kPa와 같기 때문이다.

계산 과정

1. 6개월 후 남아 있는 과잉간극수압은 $u_t = 10 \times 2 = 20kPa$이다.
2. 재하 직후 과잉간극수압은 $u_0 = 50kPa$이다.
3. 압밀도는 $U = \frac{50 - 20}{50} = 0.6 = 60\%$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 20%라면 남아 있는 과잉간극수압이 $50 \times (1 - 0.2) = 40kPa$이어야 한다. 올바르게는 물기둥 2m가 뜻하는 과잉간극수압은 20 kPa이므로 압밀도는 20%가 아니다.
② X: 30%라면 남아 있는 과잉간극수압이 35 kPa이어야 한다. 올바르게는 $U = 1 - 20/50 = 0.6$이므로 30%가 아니라 60%이다.
③ X: 40%라면 남아 있는 과잉간극수압이 30 kPa이어야 한다. 올바르게는 20 kPa만 남았으므로 전체 50 kPa 중 30 kPa가 소산되어 압밀도는 60%이다.
④ O: 물기둥 2m는 남아 있는 과잉간극수압 20 kPa를 뜻한다. 처음 과잉간극수압 50 kPa 중 30 kPa가 소산되었으므로 압밀도는 60%가 된다.

오답 포인트

물기둥 2m를 압밀도 20%로 바로 읽는 실수가 잦다. 이 2m는 압밀도가 아니라 남아 있는 과잉간극수압 수두이므로 먼저 $u_t = \gamma_w h$로 바꾸고, 그다음 $U = 1 - u_t/u_0$를 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

압밀도 문항에서 수두나 간극수압이 주어지면 먼저 현재 과잉간극수압 u_t를 구한다. 그다음 재하 직후 과잉간극수압 u_0와 비교하여 $U = 1 - u_t/u_0$로 판단한다.

암기 포인트

압밀도는 남은 비율이 아니라 소산된 비율이며, $U = 1 - u_t/u_0$로 정리된다.

NoteBase

문 3. 흙의 실내 전단시험에 대한 다음 설명 중 옳은 것을 모두 고르면?

ㄱ. 압밀배수 삼축압축시험 결과는 전응력 경로와 유효응력 경로가 같다.
ㄴ. 포화점토의 경우 비압밀비배수 삼축압축시험을 실시하면 $\phi = 0$의 결과를 얻는다.
ㄷ. 일축압축시험 결과를 Mohr원으로 나타내면 $\sigma_3 = 0$이다.
ㄹ. 직접전단시험은 배수조건 조절이 쉬워 점성토지반에 적합한 시험방법이다.
ㅁ. 베인전단시험은 사질토지반의 전단강도를 측정하는 데 적합하다.

① ㄱ, ㄴ, ㄷ
② ㄱ, ㄴ, ㄹ
③ ㄱ, ㄷ, ㅁ
④ ㄷ, ㄹ, ㅁ

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 흙의 실내 전단시험별 배수 조건, 응력 해석 방식, 적용 토질을 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

압밀배수 삼축압축시험(CD)은 배수 상태에서 전단하므로 간극수압 증가가 남지 않아 전응력 경로와 유효응력 경로가 같아지는 시험이다.
비압밀비배수 삼축압축시험(UU)은 포화점토의 비배수 전단강도를 총응력 기준으로 파악하는 시험이어서 보통 $\phi = 0$으로 다룬다.
일축압축시험은 구속압이 없는 삼축압축시험의 특수한 경우이므로 $\sigma_3 = 0$이다.
직접전단시험은 파괴면이 미리 정해지고 배수조건을 엄밀하게 제어하기 어려워 일반적으로 사질토의 전단특성 평가에 더 적합하다.
베인전단시험은 연약한 포화점토의 비배수 전단강도 측정에 적합하다.

NoteBase

선지별 해설

① O
ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳다. CD시험은 배수로 간극수압이 소산되어 전응력 경로와 유효응력 경로가 같고, 포화점토의 UU시험은 총응력 해석에서 $\phi = 0$으로 보며, 일축압축시험은 측압이 없는 상태이므로 $\sigma_3 = 0$이다.

② X
틀린 부분은 ㄹ의 포함이다. 직접전단시험은 배수조건 조절이 쉬워 점성토지반에 적합한 것이 아니라, 배수조건 제어와 파괴면 자유 형성이 어려워 주로 사질토의 전단특성 평가에 적합하다.

③ X
틀린 부분은 ㅁ의 포함이다. 베인전단시험은 사질토지반용이 아니라 연약한 포화점토의 비배수 전단강도 측정에 적합하다.

④ X
ㄹ과 ㅁ이 모두 틀렸으므로 옳은 설명만 모아 둔 조합이 아니다. 올바른 조합은 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.

오답 포인트

직접전단시험과 베인전단시험의 적용 토질을 서로 바꾸어 기억하면 쉽게 틀린다. 또한 UU시험의 $\phi = 0$은 포화점토의 비배수 총응력 해석이라는 조건과 함께 기억해야 하며, 일축압축시험은 구속압이 없다는 점만 떠올리면 $\sigma_3 = 0$을 바로 판단할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

실내 전단시험 문제는 먼저 배수 여부, 구속압 존재 여부, 적용 토질을 기준으로 정리하면 된다. 배수되면 CD, 포화점토의 UU는 총응력에서 $\phi = 0$, 구속압이 없으면 일축압축 $\sigma_3 = 0$, 베인은 연약점토, 직접전단은 사질토 쪽으로 판단된다.

암기 포인트

CD는 배수되어 전응력=유효응력, UU 포화점토는 $\phi = 0$, 일축은 $\sigma_3 = 0$, 베인은 연약점토, 직접전단은 사질토이다.

NoteBase

문 4. 다음은 흙의 각 성분 사이의 관계에 대한 설명이다. 옳은 것을 모두 고르면?

ㄱ. 공극비(e)는 실수로 표현되며, 1보다 큰 값을 가질 수 없다.
ㄴ. 공극률(n)은 %로 표현되며, 100%보다 클 수는 없다.
ㄷ. 포화도(S)는 %로 표현되며, 0~100%의 값을 가질 수 있다.
ㄹ. 함수비(w)는 %로 표현되며, 일반적으로 100%보다 작지만 100%보다 클 수도 있다.

① ㄱ, ㄴ, ㄷ
② ㄱ, ㄷ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ, ㄹ
④ ㄴ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 공극비, 공극률, 포화도, 함수비의 정의와 값의 범위를 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

공극비 $e = V_v/V_s$: 공극체적을 흙입자체적으로 나눈 값이다. 분모가 고체체적이므로 1보다 클 수 있다.
공극률 $n = V_v/V$: 공극체적을 전체체적으로 나눈 값이다. 전체체적을 넘을 수 없어 100%보다 클 수 없다.
포화도 $S = V_w/V_v$: 공극 중 물이 차지하는 비율이다. 0~100% 범위를 가진다.
함수비 $w = W_w/W_s$: 물의 무게를 흙입자 무게로 나눈 값이다. 연약점토처럼 물이 많은 흙에서는 100%를 넘을 수 있다.

선지별 해설

1번: X. ㄱ이 틀려서 옳지 않다. 공극비 e는 V_v/V_s이므로 1보다 큰 값도 가능하다. 따라서 ㄱ의 "1보다 큰 값을 가질 수 없다"는 틀린 표현이고, "1보다 큰 값을 가질 수도 있다"로 고쳐야 한다. ㄴ과 ㄷ은 옳다.
2번: X. ㄱ이 포함되어 있으므로 옳지 않다. ㄹ은 함수비 $w = W_w/W_s$라서 100%를 넘을 수 있지만, ㄱ의 상한 설명은 성립하지 않는다. 따라서 이 선택지는 "ㄱ, ㄷ, ㄹ"이 아니라 "ㄴ, ㄷ, ㄹ"로 고쳐야 한다.
3번: O. ㄴ, ㄷ, ㄹ이 모두 옳은 조합이다. ㄴ은 공극률이 전체체적 대비 비율이므로 100%를 넘지 못한다는 점에서 맞고, ㄷ은 포화도가 공극 중 물의 비율이므로 0~100%라는 점에서 맞고, ㄹ은 함수비가 고체중량 대비 물중량이므로 100%를 넘을 수 있다는 점에서 맞다.
4번: X. ㄴ과 ㄹ은 옳지만 ㄷ도 옳은데 빠져 있어서 정답이 아니다. 틀린 부분은 옳은 진술을 덜 고른 점이고, 올바른 조합은 "ㄴ, ㄹ"이 아니라 "ㄴ, ㄷ, ㄹ"이다.

NoteBase

오답 포인트

공극비와 함수비는 분모가 고체체적 또는 고체중량이어서 1 또는 100%를 넘을 수 있지만, 공극률과 포화도는 분모가 전체체적 또는 공극체적이어서 100%를 넘지 못한다. 이 분모 차이를 놓치면 ㄱ과 ㄹ을 반대로 판단하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 비율의 분모가 무엇인지 먼저 확인하면 된다. 분모가 전체체적이나 공극체적이면 100%가 상한이고, 분모가 고체체적이나 고체중량이면 100%를 넘을 수 있다.

암기 포인트

전체·공극이 분모이면 100% 이내이고, 고체가 분모이면 100% 초과가 가능하다.

NoteBase

문 5. 정규압밀점토에 대한 압밀배수(CD) 삼축압축실험을 실시하였다. 초기 단계에서 구속응력은 100 kPa이고, 전단파괴 시 축차응력은 200 kPa이었다. 이때, 파괴면에 작용하는 전단응력의 크기 [kPa]는 얼마인가?

① 50

② $50\sqrt{3}$

③ 100

④ $100\sqrt{3}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 CD 삼축압축시험에서 축차응력으로 주응력을 복원한 뒤, 정규압밀점토의 $c' = 0$ 조건을 이용하여 파괴면 전단응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 구속응력 $\sigma_3 = 100\text{kPa}$이다.
- 전단파괴 시 축차응력 $q = \sigma_1 - \sigma_3 = 200\text{kPa}$이다.
- 정규압밀점토의 CD 시험이므로 유효응력 강도정수는 $c' = 0$으로 본다.
- 구해야 할 값은 파괴면에 작용하는 전단응력 τ_f이다.

사용할 공식

$\sigma_1 = \sigma_3 + q$

$\sin\phi' = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3}$

$\tau_f = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos\phi'$

이 공식을 쓰는 이유는 정규압밀점토의 CD 삼축압축 파괴가 $c' = 0$인 Mohr-Coulomb 파괴조건으로 정리되기 때문이다.

계산 과정

1. 축차응력은 $q = \sigma_1 - \sigma_3$이므로 $\sigma_1 = 100 + 200 = 300\text{kPa}$이다.
2. $\sin\phi' = \frac{300 - 100}{300 + 100} = \frac{200}{400} = \frac{1}{2}$이므로 $\phi' = 30\,^\circ$이다.
3. 파괴면 전단응력은

$\tau_f = \frac{300 - 100}{2}\cos 30\,^\circ = 100 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 50\sqrt{3}\,\text{kPa}$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 50은 주응력차를 100으로 잘못 잡았을 때 나오는 값이다. 주어진 200 kPa는 축차응력 q이므로 먼저 $\sigma_1 = 300\text{kPa}$로 복원해야 한다.
- 틀린 값 50 → 올바르게는 $50\sqrt{3}\,\text{kPa}$이다.

② O

- $\sigma_1 = 300\text{kPa}$, $\sigma_3 = 100\text{kPa}$에서 $\phi' = 30\,^\circ$가 되고, 파괴면 전단응력은 $\tau_f = 50\sqrt{3}\,\text{kPa}$이다.
- 따라서 정답값과 일치한다.

③ X

- 100은 $\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$로서 Mohr 원의 반지름, 즉 최대전단응력 크기이다. 문제는 실제 파괴면에 작용하는 전단응력을 묻고 있으므로 여기에 $\cos\phi'$가 추가로 반영되어야 한다.
- 틀린 값 100 → 올바르게는 $50\sqrt{3}\,\text{kPa}$이다.

④ X

- $100\sqrt{3}$은 마지막 단계에서 $\frac{\sqrt{3}}{2}$를 적용하지 않고 $\sqrt{3}$만 곱한 값이다. 반지름 100에 $\cos 30\,^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$를 곱해야 한다.
- 틀린 값 $100\sqrt{3}$ → 올바르게는 $50\sqrt{3}\,\text{kPa}$이다.

오답 포인트

이 문항의 핵심 함정은 축차응력 q를 곧바로 주응력 σ_1로 오해하는 점과, 파괴면 전단응력을 최대전단응력 $\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$와 혼동하는 점이다. ③처럼 반지름만 쓰거나 ④처럼 $\cos 30\,^\circ$의 $\frac{1}{2}$를 빠뜨리면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

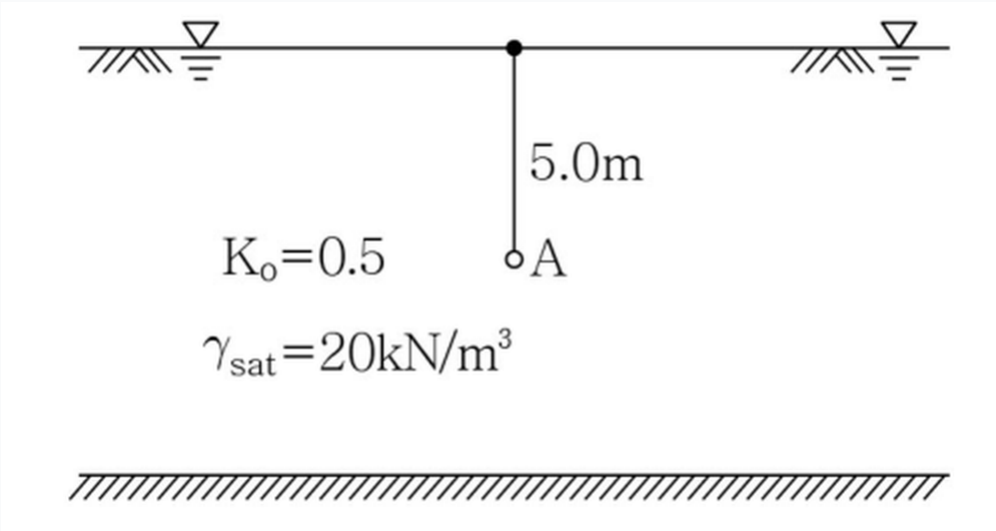
삼축압축 계산문제에서 축차응력이 주어지면 먼저 $\sigma_1 = \sigma_3 + q$로 주응력을 복원한다. 그다음 정규압밀점토의 CD 조건에서는 $c' = 0$을 적용하여 $\sin\phi'$를 구하고, 마지막에 $\tau_f = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\cos\phi'$ 순서로 계산하면 된다.

암기 포인트

축차응력은 $q = \sigma_1 - \sigma_3$이고, 정규압밀점토 CD는 $c' = 0$이다. 파괴면 전단응력은 Mohr 원 반지름에 $\cos\phi'$를 곱한 값이다.

NoteBase

문 6. 그림에서 A점에 작용하는 수평 전응력[kPa]으로 옳은 것은?



① 25

② 50

③ 75

④ 100

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 정지토압계수 K_0를 이용해 A점의 수평 전응력을 구할 때, 유효응력과 간극수압을 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 수심 $z = 5.0m$
- 정지토압계수 $K_0 = 0.5$
- 포화단위중량 $\gamma_{sat} = 20kN/m^3$
- 물의 단위중량은 $\gamma_w = 10kN/m^3$로 본다.

구해야 할 값:
- A점의 수평 전응력

주의할 조건:
- 전응력은 유효응력에 간극수압을 더한 값이다.

NoteBase

사용할 공식

사용 공식은 다음과 같다.

$\sigma_v = \gamma_{sat} z, \quad u = \gamma_w z, \quad \sigma'_v = \sigma_v - u, \quad \sigma'_h = K_0 \sigma'_v, \quad \sigma_h = \sigma'_h + u$

이 공식을 쓰는 이유는 A점이 지하수면 아래 포화지반 안에 있으므로, 먼저 연직 전응력과 간극수압을 구한 뒤 유효연직응력으로 정지상태 수평 유효응력을 계산하고 마지막에 간극수압을 다시 더해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 연직 전응력은 $\sigma_v = \gamma_{sat} z = 20 \times 5 = 100 kPa$이다.
2. 간극수압은 $u = \gamma_w z = 10 \times 5 = 50 kPa$이다.
3. 연직 유효응력은 $\sigma'_v = 100 - 50 = 50 kPa$이다.
4. 수평 유효응력은 $\sigma'_h = K_0 \sigma'_v = 0.5 \times 50 = 25 kPa$이다.
5. 수평 전응력은 $\sigma_h = \sigma'_h + u = 25 + 50 = 75 kPa$이다.

선지별 해설

① X

25 kPa는 A점의 수평 전응력이 아니라 수평 유효응력이다. 틀린 표현은 '수평 전응력 25 kPa'이고, 올바르게는 'A점의 수평 유효응력은 25 kPa, 수평 전응력은 75 kPa'이다.

② X

50 kPa는 수평 전응력이 아니라 간극수압이다. 틀린 표현은 '수평 전응력 50 kPa'이고, 올바르게는 'A점의 간극수압은 50 kPa이며 수평 전응력은 75 kPa'이다.

③ O

수평 유효응력 25 kPa에 간극수압 50 kPa를 더하면 수평 전응력은 75 kPa가 된다. 전응력과 유효응력을 구분하면 정답이 ③으로 바로 결정된다.

④ X

100 kPa는 수평 전응력이 아니라 연직 전응력이다. 틀린 표현은 '수평 전응력 100 kPa'이고, 올바르게는 'A점의 연직 전응력은 100 kPa, 수평 전응력은 75 kPa'이다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 $K_0 \sigma'_v$로 구한 25 kPa를 그대로 전응력으로 착각하는 점이다. 또 γ_{sat}으로 연직 전응력을 구해 놓고 간극수압을 더하거나 빼는 순서를 혼동하면 50 kPa나 100 kPa를 고르게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

지하수면 아래 흙의 응력을 묻는 문제는 먼저 연직 전응력, 간극수압, 유효응력을 분리해서 구한 뒤, K_0는 유효응력에 적용하고 전응력을 물으면 마지막에 간극수압을 다시 더하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

정지토압은 $\sigma'_h = K_0\sigma'_v$이고, 수평 전응력은 여기에 간극수압을 더한 값이다.

NoteBase

문 7. 도로 성토를 위한 흙의 함수비가 20%였다. 이 흙을 원활히 다짐하기 위하여 최적함수비 상태로 만들려고 한다. 단위중량이 18kN/m^3인 이 흙의 최적함수비가 25%라면, 1m^3의 흙에 필요한 물의 무게[N]는 얼마인가?

① 250

② 500

③ 750

④ 1,000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 함수비 $w = \frac{W_w}{W_s}$의 정의를 이용해 건조중량을 먼저 구한 뒤, 최적함수비까지 늘려야 하는 물의 무게를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 현재 함수비 20%, 최적함수비 25%, 1m^3 흙의 전체 단위중량 18kN/m^3이다.
구해야 할 값은 함수비를 20%에서 25%로 올리기 위해 추가해야 하는 물의 무게이다.
주의할 점은 함수비의 기준이 전체중량이 아니라 건조중량 W_s라는 점이다.

사용할 공식

함수비는 $w = \frac{W_w}{W_s}$, 전체중량은 $W = W_s + W_w = W_s(1 + w)$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 현재 함수비와 전체 단위중량이 함께 주어졌으므로, 먼저 건조중량 W_s를 구해야 추가 물의 무게 $\Delta W_w = (w_{opt} - w_{now})W_s$를 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 1m^3 흙의 전체중량은 18 kN이므로 $18 = W_s(1 + 0.20)$이다.
2. 따라서 건조중량은 $W_s = \frac{18}{1.20} = 15kN$이다.
3. 필요한 추가 물의 무게는 함수비 증가분 $0.25 - 0.20 = 0.05$에 건조중량을 곱해
$\Delta W_w = 0.05 \times 15 = 0.75kN = 750N$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 250 N은 계산 결과 750 N과 다르다. 틀린 값은 250 N이다. 올바르게는 건조중량 15 kN에 함수비 증가분 5%를 곱한 750 N이다.
2번 X: 500 N은 계산 결과 750 N과 다르다. 틀린 값은 500 N이다. 올바르게는 함수비 차이를 건조중량 기준으로 적용해 750 N이 되어야 한다.
3번 O: 건조중량이 15 kN이고 추가 함수비가 5%이므로 필요한 물의 무게는 $0.05 \times 15 = 0.75kN = 750N$ 이다.
4번 X: 1,000 N은 계산 결과보다 크다. 틀린 값은 1,000 N이다. 올바르게는 현재 전체중량 18 kN에 바로 5%를 곱하는 것이 아니라 건조중량 15 kN에 5%를 곱해 750 N을 구해야 한다.

오답 포인트

함수비 20%와 25%를 전체중량 기준 비율로 착각하면 틀린다. 이 문제의 함정은 함수비의 분모가 전체중량이 아니라 건조중량이라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

함수비 계산 문제는 먼저 $w = \frac{W_w}{W_s}$를 떠올려 건조중량을 복원한 뒤, 변화된 함수비만큼의 물 무게를 $\Delta W_w = \Delta w \cdot W_s$로 계산하면 된다.

암기 포인트

함수비의 기준은 항상 건조중량이며, 추가 물의 무게는 함수비 증가분 × 건조중량이다.

NoteBase

문 8. 흙의 다짐에 관한 설명 중에서 옳지 않은 것은?

① 동일한 흙에서 다짐에너지가 커질수록 최대 건조단위중량은 증가하고, 최적함수비는 감소한다.

② 모래질 흙은 진동다짐방법이 바람직하다.

③ 일반적으로 흙이 조립토에 가까울수록 최적함수비는 작아진다.

④ 모래질을 많이 포함할수록 흙의 건조단위중량-함수비 곡선의 구배는 완만해진다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 다짐에너지, 흙의 입도, 다짐방법, 다짐곡선의 형태 사이의 기본 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

다짐에너지 증가는 같은 흙에서 최대건조단위중량을 키우고 최적함수비를 낮추는 방향으로 작용한다.
조립토는 물이 적어도 입자 재배열이 쉬워 최적함수비가 작고, 진동다짐이 잘 맞는다.
다짐곡선은 일반적으로 세립분과 소성이 클수록 완만해지고, 조립질이 많을수록 급해지는 경향이 있다.

선지별 해설

① O
같은 흙에 더 큰 다짐에너지를 가하면 입자 배열이 더 치밀해져 최대건조단위중량은 증가하고, 그 상태에 필요한 물의 양은 줄어 최적함수비는 감소한다.

② O
모래질 흙은 조립토라서 충격보다 진동에 의해 입자 재배열이 잘 일어난다. 따라서 진동다짐방법이 바람직하다는 설명이 맞다.

③ O
일반적으로 흙이 조립토에 가까워질수록 물이 윤활 역할을 하기 위해 필요한 양이 작아진다. 따라서 최적함수비가 작아진다는 설명은 맞다.

④ X
틀린 부분은 "건조단위중량-함수비 곡선의 구배는 완만해진다"이다.
실제로는 모래질을 많이 포함할수록 곡선은 대체로 더 급해지는 경향이 있고, 완만한 곡선은 세립분이 많고 소성이 큰 흙에서 잘 나타난다. 올바르게는 모래질을 많이 포함할수록 건조단위중량-함수비 곡선의 구배는 일반적으로 급해진다고 본다.

NoteBase

오답 포인트

④는 조립토와 세립토의 다짐곡선 형태를 뒤바꿔 놓은 선지이다. 조립질이 많으면 최적함수비는 작아지지만, 곡선까지 완만해진다고 연결하면 틀린 판단이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

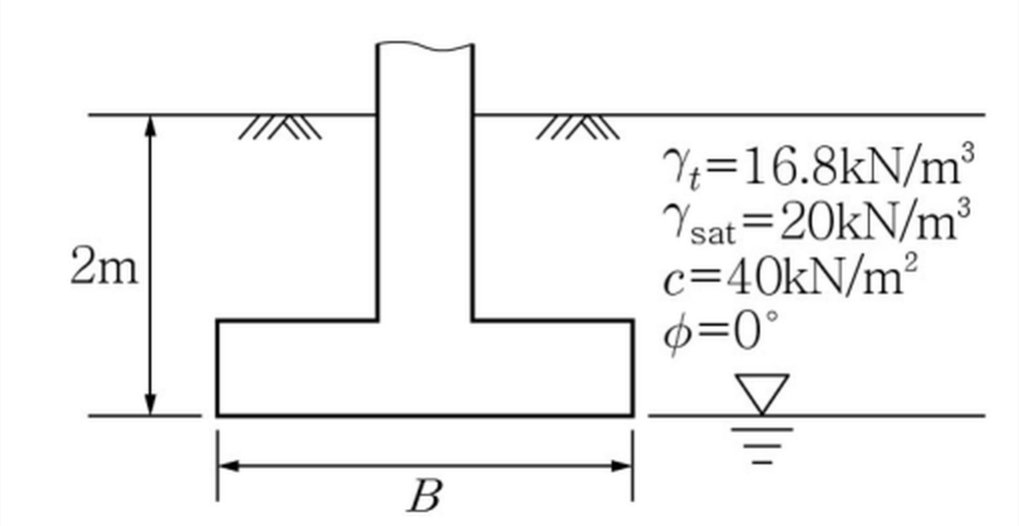
다짐 문제는 먼저 다짐에너지 효과, 흙의 종류, 적합한 다짐방법, 다짐곡선 모양을 각각 분리해 판단한다.
조립토는 최적함수비가 작고 진동다짐에 유리하며, 곡선은 세립토보다 급하다는 축으로 정리하면 된다.

암기 포인트

조립토는 물이 덜 필요하고 진동에 잘 다져지며, 다짐곡선은 세립토보다 급한 편이다.

NoteBase

문 9. 다음 그림과 같은 정사각형 기초에서의 허용지지력은? (단, 안전율은 3이고, 지지력계수 $N_c = 5.7,\ N_\gamma = 0,\ N_q = 1.0$이다.)



① 110kN/m^2

② 220kN/m^2

③ 330kN/m^2

④ 440kN/m^2

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 $\phi = 0°$ 점토지반의 정사각형 기초에 대해 Terzaghi 지지력식을 적용하여 허용지지력을 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- 근입깊이 $D_f = 2m$
- $\gamma_t = 16.8kN/m^3$, $\gamma_{sat} = 20kN/m^3$
- $c = 40kN/m^2$, $\phi = 0^\circ$
- $N_c = 5.7$, $N_q = 1.0$, $N_\gamma = 0$
- 안전율 3

구해야 할 값:
- 허용지지력 q_a

주의할 조건:
- 정사각형 기초이므로 점착력항에 형상계수 1.3을 곱한다.
- 지하수위가 기초 저면에 있으나 $N_\gamma = 0$ 이므로 $\gamma B N_\gamma$ 항은 사라진다.
- 상재압 q는 저면 위 흙의 단위중량을 써서 $q = \gamma_t D_f$로 계산한다.

사용할 공식

$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$
여기서 $q = \gamma_t D_f$이다.

이 공식을 쓰는 이유:
정사각형 기초이고 $\phi = 0^\circ$인 점토지반 조건이므로 Terzaghi 정사각형 기초식을 적용한다.
문제에서 N_c, N_q, N_γ를 직접 주었고, $N_\gamma = 0$이라 폭 B는 계산에 영향을 주지 않는다.
허용지지력은 $q_a = q_u/F_s$로 구한다.

계산 과정

1. 상재압을 계산한다.
$q = \gamma_t D_f = 16.8 \times 2 = 33.6kN/m^2$
2. 극한지지력을 계산한다.
$q_u = 1.3 \times 40 \times 5.7 + 33.6 \times 1.0 + 0 = 296.4 + 33.6 = 330kN/m^2$
3. 허용지지력을 계산한다.
$q_a = \frac{q_u}{3} = \frac{330}{3} = 110kN/m^2$

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과 허용지지력은 $110kN/m^2$이므로 옳다.

② X
- $220kN/m^2$는 계산된 허용지지력 $110kN/m^2$와 일치하지 않는다.
- 틀린 표현은 허용지지력을 $220kN/m^2$로 본 점이다. 올바르게는 $q_u = 330kN/m^2$, $q_a = 110kN/m^2$이다.

③ X
- $330kN/m^2$는 허용지지력이 아니라 안전율을 적용하기 전의 극한지지력이다.
- 틀린 표현은 극한지지력을 허용지지력으로 본 점이다. 올바르게는 $330kN/m^2$를 안전율 3으로 나누어 $110kN/m^2$를 택한다.

④ X
- $440kN/m^2$는 주어진 c, N_c, q, F_s로 계산한 어떤 지지력 값과도 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 허용지지력을 $440kN/m^2$로 본 점이다. 올바르게는 정사각형 기초식으로 극한지지력 $330kN/m^2$를 구한 뒤 $110kN/m^2$를 선택한다.

오답 포인트

정사각형 기초인데 띠기초식 $cN_c + qN_q$만 떠올리면 형상계수 1.3을 놓치기 쉽다.
$330kN/m^2$를 구해 놓고 안전율 3을 적용하지 않으면 ③에 걸린다.
지하수위 표시가 있어도 이 문항은 $N_\gamma = 0$이므로 γ_{sat}를 따로 넣을 항이 없다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

$\phi = 0^\circ$와 $N_\gamma = 0$가 보이면 먼저 $q = \gamma D_f$를 구하고, 정사각형이면 $1.3cN_c$를 더해 극한지지력을 계산한 뒤 마지막에 안전율로 나눈다.

암기 포인트

$\phi = 0^\circ$ 정사각형 기초는 $q_u = 1.3cN_c + qN_q$로 줄어들고, 허용지지력은 여기에 안전율을 한 번 더 나눈 값이다.

NoteBase

문 10. 모래치환법에 의한 현장 들밀도시험 결과가 아래와 같다. 현장 흙의 건조단위중량[g/cm^3]은 얼마인가?

- 시험공에서 파낸 흙의 무게 $W = 2{,}200g$
- 시험공에서 파낸 흙의 함수비 $w = 10\%$
- 시험공을 채우기 전의 표준사의 무게 $(W_o)_{sand} = 2{,}500g$
- 시험공을 채우고 남은 표준사의 무게 $(W_r)_{sand} = 1{,}000g$
- 표준사의 건조단위중량 $(\gamma_d)_{sand} = 1.5g/cm^3$

① 2.5

② 2.2

③ 2.0

④ 1.5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 모래치환법으로 시험공의 체적을 구한 뒤, 파낸 흙의 습윤중량을 건조중량으로 바꾸어 현장 흙의 건조단위중량을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 파낸 흙의 습윤중량 $W = 2200g$
- 함수비 $w = 10\% = 0.1$
- 표준사 사용량 $W_{0,\,sand} - W_{r,\,sand} = 2500 - 1000 = 1500g$
- 표준사의 건조단위중량 $\gamma_{d,\,sand} = 1.5g/cm^3$

구해야 할 값:
- 현장 흙의 건조단위중량 γ_d

주의할 조건:
- 2200 g은 습윤중량이므로 바로 나누지 않고 먼저 건조중량으로 바꾸어야 한다.

NoteBase

사용할 공식

시험공 체적은 $V = \frac{W_{0,sand} - W_{r,sand}}{\gamma_{d,sand}}$ 이다.
현장 흙의 건조중량은 $W_d = \frac{W}{1+w}$ 이다.
따라서 현장 흙의 건조단위중량은 $\gamma_d = \frac{W_d}{V}$ 이다.
이 공식을 쓰는 이유는 모래치환법에서 시험공의 체적을 표준사 사용량으로 환산하고, 건조단위중량은 건조중량을 체적으로 나눈 값으로 정의되기 때문이다.

계산 과정

1. 표준사 사용량으로 시험공 체적을 구한다.
$V = \frac{2500-1000}{1.5} = \frac{1500}{1.5} = 1000cm^3$
2. 파낸 흙의 건조중량을 구한다.
$W_d = \frac{2200}{1+0.1} = \frac{2200}{1.1} = 2000g$
3. 현장 흙의 건조단위중량을 구한다.
$\gamma_d = \frac{2000}{1000} = 2.0g/cm^3$

선지별 해설

① X: 2.5는 정답값 2.0과 다르다. 이 값은 표준사 채우기 전 무게 2500 g처럼 시험공 체적과 직접 관련 없는 수치를 분자에 잘못 넣어 생기는 오답이다. 올바르게는 건조중량 2000 g을 시험공 체적 1000cm^3로 나누어 2.0이 된다.
② X: 2.2는 습윤중량 2200 g을 그대로 사용하여 2200/1000으로 계산한 값이다. 함수비 10%를 반영해 건조중량을 2000 g으로 바꾸어야 하므로 올바르게는 2.0이다.
③ O: 시험공 체적은 1000cm^3이고 파낸 흙의 건조중량은 2000 g이므로 건조단위중량은 $2.0g/cm^3$이다. 계산 결과와 일치하므로 옳다.
④ X: 1.5는 표준사의 건조단위중량일 뿐 현장 흙의 건조단위중량이 아니다. 표준사 단위중량은 시험공 체적을 구하는 데만 쓰이며, 현장 흙의 값은 별도로 계산하면 2.0이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 두 가지이다. 하나는 표준사 사용량 1500 g으로 시험공 체적 1000cm^3를 구하지 않고 2500 g이나 1000 g을 그대로 쓰는 실수이다. 다른 하나는 파낸 흙의 2200 g을 습윤중량인데도 건조중량처럼 취급하여 2.2를 고르는 실수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

모래치환법 계산형은 먼저 표준사 감소량으로 시험공 체적을 구하고, 다음에 파낸 흙의 습윤중량을 $1+w$로 나누어 건조중량으로 바꾼 뒤, 마지막에 건조중량을 체적으로 나누는 순서로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

모래치환법은 $V = (W_{0,sand} - W_{r,sand})/\gamma_{d,sand}$, 현장 건조단위중량은 $\gamma_d = \{W/(1+w)\}/V$로 정리된다.

NoteBase

문 11. 다음 식은 Terzaghi의 압밀 기본미분방정식을 나타낸 것이다. 이 식에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

① 이 식은 지반 내 유효응력의 변화가 없고, 지반 내부 흙요소의 체적변화도 없다는 가정 하에 유도된 것이다.

② 이 식은 지반압축을 1차원으로, 지반 내 간극수의 흐름도 1차원으로 가정하여 유도된 것이다.

③ 이 식은 임의의 시간, 임의의 위치에서의 간극수압을 나타내고 있다.

④ 식 중에서 c_v는 압밀계수이고, 이 값은 투수계수에 비례한다.

정답 1번

출제 포인트

Terzaghi의 1차원 압밀 기본미분방정식의 가정과 각 물리량의 의미를 묻는 문제이다.

핵심 개념

이 식의 u는 과잉간극수압이고, 압밀은 과잉간극수압이 소산되면서 유효응력은 증가하고 흙의 체적은 감소하는 현상이다. 1차원 압밀이론은 압축과 배수가 한 방향으로만 일어난다고 본다.

선지별 해설

1번 X: 틀린 부분은 '유효응력의 변화가 없고'와 '체적변화도 없다'는 표현이다. 압밀에서는 총응력이 일정하다고 볼 때 과잉간극수압이 소산되면서 유효응력은 증가하고, 흙 요소는 체적감소를 일으킨다. 올바르게는 '총응력 변화가 없고, 과잉간극수압이 감소하면서 유효응력은 증가하고 체적은 감소한다'이다.
2번 O: Terzaghi의 기본식은 1차원 압축과 1차원 배수를 가정하여 유도한 식이다. 따라서 변형도 흐름도 z방향 하나만 고려한다.
3번 O: 이 식은 시간 t와 위치 z에 따라 변하는 $u(z, t)$의 관계를 나타낸다. 여기서 u는 일반 간극수압이 아니라 압밀 과정에서의 과잉간극수압이다.
4번 O: c_v는 압밀계수이며 $c_v = k/(m_v \gamma_w)$로 나타낼 수 있다. 따라서 투수계수 k에 비례하고, 체적압축계수 m_v와 물의 단위중량 γ_w에는 반비례한다.

오답 포인트

1번처럼 '총응력 일정'을 '유효응력 일정'으로 바꾸거나, 압밀을 체적변화 없는 현상으로 착각하면 틀린다. 압밀은 과잉간극수압 감소, 유효응력 증가, 체적감소가 함께 연결되는 과정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

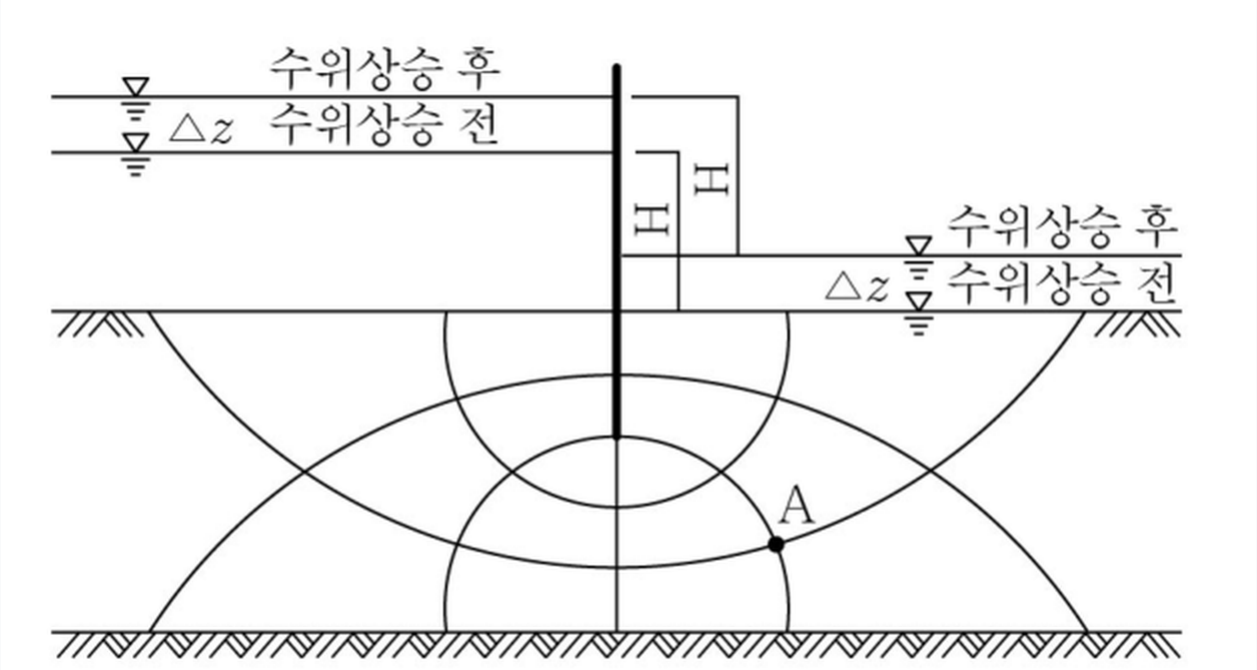
압밀식 선지는 먼저 u가 과잉간극수압인지 확인하고, 다음으로 압축과 배수 방향이 1차원인지 본다. 마지막으로 압밀이 진행될수록 유효응력은 증가하고 체적은 감소한다는 흐름으로 옳고 그름을 판단한다.

암기 포인트

압밀은 '과잉간극수압 소산 → 유효응력 증가 → 체적감소'이고, c_v는 k에 비례한다.

NoteBase

문 12. 그림과 같이 상하류측 수위가 각각 Δz만큼 상승하였을 때, 수위 상승 전과 후를 비교한 것으로 옳지 않은 것은? (단, 물의 단위중량은 γ_w로 한다.)



① 침투유량은 동일하다.

② A 점에 대하여 전수두는 증가한다.

③ A 점에 대하여 유효응력은 $\Delta z\gamma_w$만큼 감소한다.

④ A 점에 대하여 간극수압은 $\Delta z\gamma_w$만큼 증가한다.

정답 3번

출제 포인트

상하류 수위가 모두 Δz만큼 같은 폭으로 상승하면 수두차와 동수경사는 그대로이므로 침투유량은 변하지 않고, 각 점의 전수두·간극수압·총응력 변화와 유효응력 변화를 함께 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① O: 상류와 하류 수위가 모두 Δz만큼 똑같이 올라가면 전체 수두 분포만 위로 평행이동하고 양단 수두차는 변하지 않는다. 따라서 유선망의 형상과 동수경사가 같아 침투유량은 동일하다.

② O: 점 A의 위치수두는 변하지 않고 압력수두만 Δz만큼 증가하므로 전수두는 Δz만큼 증가한다.

③ X: 점 A의 간극수압은 $\Delta z\gamma_w$만큼 증가하지만, 지표면 위에 추가된 물기둥 때문에 총응력도 같은 양만큼 증가한다. 따라서 '유효응력은 $\Delta z\gamma_w$만큼 감소한다'는 표현이 틀렸고, 올바르게는 유효응력은 변하지 않는다.

④ O: 점 A의 압력수두가 Δz만큼 증가하므로 간극수압은 $\Delta z\gamma_w$만큼 증가한다.

NoteBase

오답 포인트

③은 간극수압 증가만 보고 유효응력도 바로 감소한다고 착각하게 만든다. 이 경우에는 수위 상승으로 물의 자중에 의한 총응력도 $\Delta z\gamma_w$만큼 함께 증가하므로, 간극수압 증가분만 따로 보면 오판한다.

다시 나오면 이렇게 판단

양쪽 경계수위가 같은 만큼 함께 움직이면 먼저 수두차가 변했는지를 본다. 수두차가 그대로이면 침투유량과 유선망은 그대로이고, 한 점에서는 간극수압 증가분과 총응력 증가분을 함께 비교하여 유효응력 변화를 판단한다.

암기 포인트

동일 수위상승은 수두차 불변이므로 침투유량은 불변이고, u와 σ는 같이 증가하므로 σ'는 변하지 않는다.

NoteBase

문 13. 체분석시험 결과, 4.75mm체 통과율이 70%이고, 2mm체 통과율이 45%, 0.074mm체 통과율이 4%였고, $D_{10} = 0.10\text{mm}$, $D_{30} = 0.60\text{mm}$, $D_{60} = 4.5\text{mm}$이었다. 통일분류법 기준으로 이 흙을 분류하면 다음 중에서 어느 것에 해당하는가?

① SP

② SW

③ GP

④ GW

정답 1번

출제 포인트

세립분 함량으로 조립토 여부를 정하고, 자갈·모래를 가른 뒤 C_u와 C_c로 well graded인지 poorly graded인지 판단하는 문제이다.

조건 정리

- 0.074mm체 통과율이 4%이므로 세립분은 4%, 조립분은 96%이다.
- 4.75mm체 통과율이 70%이므로 4.75mm체 잔류분은 30%이다.
- 조립분 중에서 자갈은 30%, 모래는 $70 - 4 = 66\%$이므로 모래가 우세하다.
- $D_{10} = 0.10mm$, $D_{30} = 0.60mm$, $D_{60} = 4.5mm$이다.

사용할 공식

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{4.5}{0.10} = 45$

$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10}D_{60}} = \frac{0.60^2}{0.10 \times 4.5} = 0.8$

이 공식을 쓰는 이유는 세립분이 5% 미만인 깨끗한 조립토이므로, 통일분류법에서 모래인지 자갈인지와 함께 입도분포의 양호 여부를 C_u, C_c로 판정해야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 0.074mm체 통과율이 4%이므로 세립분이 5% 미만인 조립토이다.
2. 4.75mm체 잔류 자갈은 30%, 4.75mm체 통과 후 0.074mm체 잔류 모래는 66%이므로 주재료는 모래이다. 따라서 첫 글자는 S이다.
3. $C_u = 45$로 크지만 $C_c = 0.8$이어서 1과 3 사이 조건을 만족하지 못한다.
4. 따라서 well graded가 아니라 poorly graded이고, 최종 분류기호는 SP이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 세립분이 4%이므로 깨끗한 조립토이고, 조립분 중 모래가 우세하며, $C_c = 0.8$로 well graded 조건을 만족하지 못하므로 SP가 맞다.
② X: SW는 well graded sand이다. 이 흙은 모래인 점은 맞지만 $C_c = 0.8$이어서 well graded가 아니다. 틀린 표현은 "W"이며, 올바르게는 "P"이다.
③ X: GP는 poorly graded gravel이다. 이 흙은 poorly graded인 점은 맞지만 주재료가 자갈이 아니라 모래이다. 틀린 표현은 "G"이며, 올바르게는 "S"이다.
④ X: GW는 well graded gravel이다. 이 흙은 자갈이 우세하지도 않고 well graded도 아니다. 틀린 표현은 "GW" 전체이며, 올바르게는 "SP"이다.

오답 포인트

4.75mm체 통과율이 70%라는 값만 보고 바로 SW로 가기 쉽지만, 먼저 0.074mm체 통과율 4%로 세립분이 적은 조립토라는 점을 확인해야 한다. 그다음 자갈과 모래 중 어느 쪽이 우세한지 보고, 마지막에 C_u와 C_c를 함께 봐야 한다. 특히 C_u만 크다고 well graded가 되는 것이 아니라 C_c도 1과 3 사이여야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

통일분류법 분류 문제는 세립분 함량 확인 → 자갈·모래 우세 판단 → C_u, C_c 검토 순서로 판단한다. 세립분이 5% 미만이면 clean soil로 보고, 모래는 C_u≥6이면서 C_c가 1과 3 사이일 때만 SW가 된다.

암기 포인트

USCS의 clean sand 판정은 먼저 S인지 확인하고, 다음에 C_u와 C_c를 함께 보는 구조이다. C_c가 1보다 작거나 3보다 크면 SP로 본다.

NoteBase

문 14. 아래 내용은 흙 구조물의 안정해석을 위한 강도정수의 취득을 위하여 현장조건을 고려한 삼축압축시험 방법을 나타낸 것이다. 이 중 가장 적절한 것은?

① 모래지반에서의 장기 안정해석 : CU-시험

② 다단계 재하 시의 안정해석 : CU-시험

③ 포화점토지반 위에 성토를 빠른 속도로 진행할 경우의 안정해석 : CU-시험

④ 흙 댐에서 수위 급강하 직후의 안정해석 : UU-시험

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 현장 배수조건과 사전 압밀 여부에 따라 UU, CU, CD 삼축압축시험을 구분할 수 있는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

UU시험은 압밀 없이 비배수 전단을 시키는 시험으로 급속 재하 직후의 단기 비배수 상태에 대응한다.
CU시험은 먼저 압밀을 허용한 뒤 전단 시에는 비배수로 진행하는 시험으로 단계 재하나 급격한 상태변화 직후처럼 '기존 압밀은 되어 있으나 전단 중에는 배수되지 않는 상태'에 대응한다.
CD시험은 압밀과 전단 모두 배수를 허용하는 시험으로 장기 안정이나 투수성이 큰 지반의 배수 조건 해석에 대응한다.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 '모래지반에서의 장기 안정해석 : CU-시험'이다. 모래지반의 장기 거동은 배수가 충분히 가능한 유효응력 조건으로 보는 것이 타당하므로 CD시험이 더 적절하다.
② O: 다단계 재하는 각 단계 사이에 압밀이 진행된 후 다음 하중이 작용하는 현장조건에 가깝다. 따라서 압밀 후 비배수 전단을 반영하는 CU시험이 적절하다.
③ X: 틀린 부분은 '성토를 빠른 속도로 진행할 경우의 안정해석 : CU-시험'이다. 포화점토지반에 급속 성토를 하면 압밀이 거의 일어나지 않은 상태에서 전단이 발생하므로 UU시험이 더 적절하다.
④ X: 틀린 부분은 '수위 급강하 직후의 안정해석 : UU-시험'이다. 흙댐 재료는 급강하 이전까지 이미 재하 상태에서 압밀되어 있었고, 급강하 직후에는 배수되지 않은 전단상태를 보므로 CU시험이 더 적절하다.

오답 포인트

CU시험을 '단기 비배수 상황이면 모두 해당한다'고 외우면 ③과 ④를 함께 맞는 것으로 오판하기 쉽다. 이 문항의 핵심 함정은 전단 시 배수 여부만 보지 말고, 전단 이전에 압밀이 있었는지도 함께 판단해야 한다는 점이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 현장상태가 장기 배수인지 단기 비배수인지를 가른다. 그다음 전단 전에 충분한 압밀 시간이 있었으면 CU 또는 CD, 압밀 시간이 거의 없으면 UU로 판단한다. 장기 배수 안정은 CD, 압밀 후 단기 비배수는 CU, 급속 재하 직후 단기 비배수는 UU로 정리된다.

암기 포인트

UU는 무압밀-비배수, CU는 압밀 후 비배수, CD는 압밀 후 배수 전단이다.

NoteBase

문 15. 포화점토지반에서 직경이 30cm의 평판재하시험 결과, 극한지지력은 50 kPa로 나타났다. 포화점토지반 위에 놓인 직경이 1.5m 원형기초의 극한지지력으로 옳은 것은?

① 25 kPa

② 50 kPa

③ 100 kPa

④ 250 kPa

정답 2번

출제 포인트

포화점토지반의 평판재하시험 결과를 원형기초에 적용할 때, 같은 형상에서는 극한지지력이 기초 직경에 따라 달라지지 않는다는 점을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 평판 직경 30cm, 평판재하시험 극한지지력 50 kPa, 원형기초 직경 1.5m이다.
구해야 할 값: 원형기초의 극한지지력이다.
주의할 조건: 지반은 포화점토지반이고, 평판과 기초가 모두 원형이므로 형상 조건이 같다.

사용할 공식

$q_u = s_c N_c c_u$
이 식은 포화점토의 비배수 상태에서 극한지지력이 점착력 c_u와 형상계수 s_c에 의해 결정됨을 나타낸다. 같은 점토지반에서 같은 원형 형상이라면 s_c, N_c, c_u가 같으므로 극한지지력 q_u는 직경이 달라져도 동일하다.

계산 과정

1. 평판재하시험에서 측정된 극한지지력은 이미 $q_{u,\,plate} = 50kPa$이다.
2. 포화점토지반의 원형기초는 같은 형상에서는 극한지지력이 직경에 비례해 변하지 않는다.
3. 따라서 원형기초의 극한지지력도 $q_{u,\,footing} = 50kPa$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 25 kPa는 기초 직경이 커지면 극한지지력이 반으로 줄어든다고 본 값인데, 포화점토의 극한지지력은 같은 형상에서는 직경에 따라 감소하지 않는다. 틀린 표현은 "직경 증가에 따라 극한지지력이 감소한다"이고, 올바르게는 "극한지지력은 50 kPa로 유지된다"이다.
② O: 포화점토지반의 원형 평판 결과를 같은 원형기초에 적용하면 극한지지력은 그대로 50 kPa이다.
③ X: 100 kPa는 직경 변화에 따라 극한지지력이 증가한다고 잘못 본 값이다. 틀린 표현은 "직경이 커졌으므로 극한지지력이 커진다"이고, 올바르게는 "같은 형상인 포화점토 기초의 극한지지력은 50 kPa이다"이다.
④ X: 250 kPa는 직경비 1.5/0.3 = 5를 극한지지력에 그대로 곱한 오답이다. 틀린 표현은 "극한지지력이 직경비에 비례한다"이고, 올바르게는 "포화점토에서는 극한지지력이 직경비와 무관하여 50 kPa이다"이다.

오답 포인트

사질토의 경우처럼 기초 폭이 커지면 지지력이 달라진다는 감각을 그대로 적용하면 오답이 된다. 이 문제의 함정은 직경 30cm와 1.5m를 제시해 비례계산을 유도하는 데 있지만, 포화점토의 비배수 극한지지력은 같은 형상에서는 직경과 무관하다.

다시 나오면 이렇게 판단

평판재하시험 결과를 다른 크기의 기초에 적용하는 문제에서는 먼저 지반이 점토인지 사질토인지 구분한다. 포화점토이고 형상이 같으면 극한지지력은 그대로 두고, 사질토이면 기초 폭 영향 여부를 따로 검토한다.

암기 포인트

포화점토 평판재하시험은 같은 형상 기초의 극한지지력을 그대로 준다고 정리된다.

NoteBase

문 16. 일반적으로 흙 댐의 하류측이 가장 위험한 경우는 다음 중 어느 것인가?

① 수위가 점차 상승하는 경우

② 수위가 급강하하는 경우

③ 댐이 완전히 포화된 경우

④ 만수 때의 정상침투 경우

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 흙댐 하류사면의 안정이 가장 불리해지는 대표 조건이 만수위 지속 후 정상침투 상태라는 점을 묻는 문제이다.

핵심 개념

정상침투는 저수위가 아니라 만수위가 일정 기간 유지되어 침윤선이 거의 고정된 상태를 말한다.
이때 하류측 사면 내부의 간극수압이 크게 작용하여 유효응력이 감소하므로 하류사면 안정이 가장 불리해진다.
반대로 급격한 수위 저하는 외수압이 급히 사라지는 상류사면의 위험 조건이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
수위가 점차 상승하는 과정은 하류측 정상침투가 아직 충분히 발달하지 않은 단계일 수 있으므로 일반적인 최위험 조건으로 보지 않는다.
틀린 표현은 '가장 위험한 경우'이다. 올바르게는 만수위가 지속되어 정상침투가 형성될 때 하류사면이 가장 위험하다.

② X
수위의 급강하는 대표적인 상류사면 위험 조건이다. 저수지 쪽 외수압이 급히 줄어들어 상류사면 토체 내부 수압이 상대적으로 크게 남기 때문이다.
틀린 표현은 하류사면의 위험 조건으로 본 점이다. 올바르게는 수위 급강하는 상류사면이 위험해지는 경우이다.

③ X
댐이 완전히 포화되었다는 표현만으로는 하류사면의 일반적 최위험 상태를 정확히 지칭하지 못한다. 흙댐 내부에는 보통 침윤선이 형성되며, 위험성은 단순 포화 여부보다 정상침투에 따른 하류측 간극수압 분포로 판단한다.
틀린 표현은 '완전히 포화된 경우'이다. 올바르게는 만수위에서 정상침투가 형성된 경우가 하류사면에 가장 불리하다.

④ O
만수 때 정상침투가 형성되면 침윤선과 간극수압의 영향이 하류사면에 지속적으로 작용한다. 그 결과 하류사면의 유효응력이 감소하여 안정이 가장 불리해진다.

오답 포인트

상류사면과 하류사면의 위험 조건을 서로 바꾸어 외우면 ②와 ④를 혼동하기 쉽다. 수위 급강하는 상류사면, 만수위 정상침투는 하류사면이라는 축을 분리해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

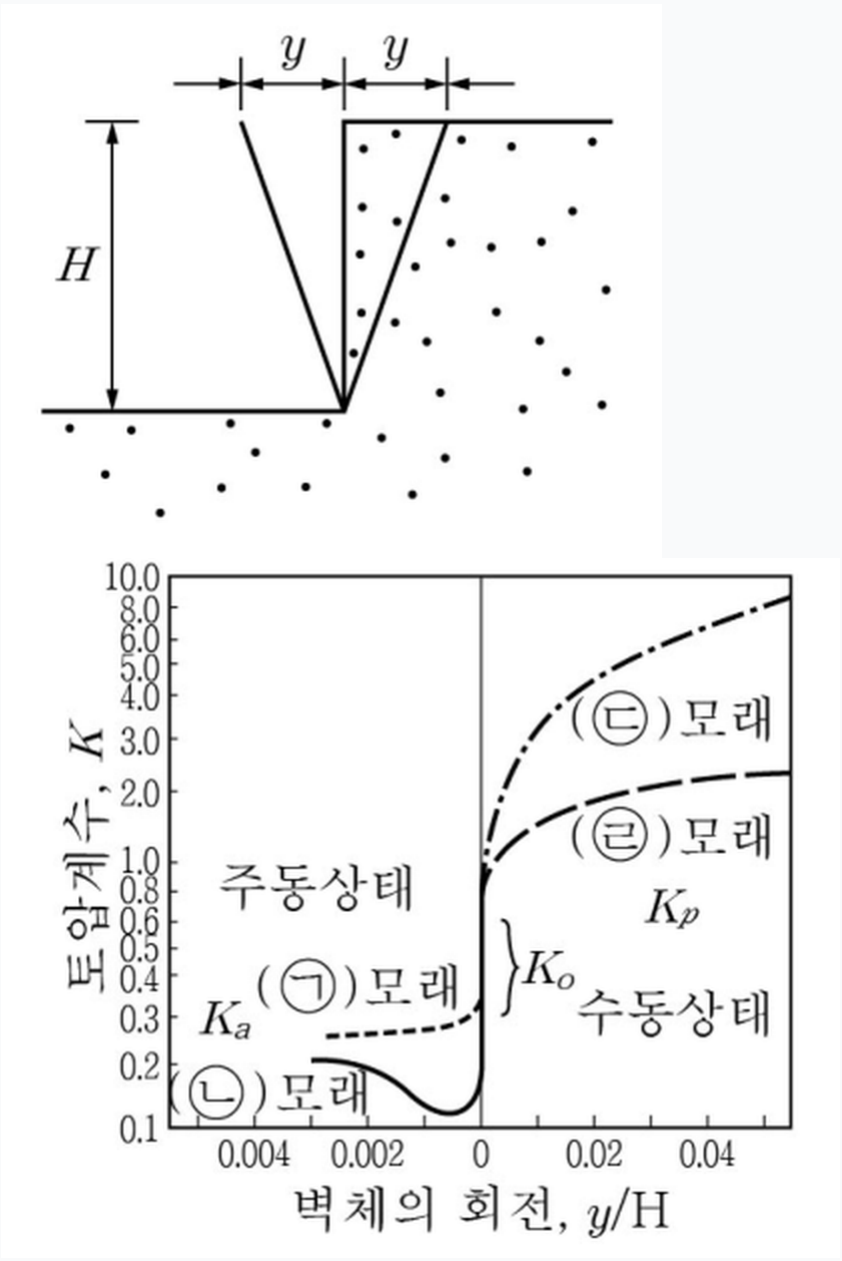
흙댐 사면 안정 문제는 먼저 어느 쪽 사면을 묻는지 본다. 상류사면이면 급격한 수위 저하를, 하류사면이면 만수위의 정상침투 상태를 우선 연결하면 된다.

암기 포인트

상류는 급강하, 하류는 만수 정상침투이다.

NoteBase

문 17. 그림은 모래지반에서 벽체의 회전에 따라 토압계수가 어떻게 변화하는지 보여주는 그림이다. ㉠~㉣ 괄호 안이 맞게 연결된 것은?



① ㉠: 촘촘한, ㉡: 느슨한, ㉢: 촘촘한, ㉣: 느슨한

② ㉠: 촘촘한, ㉡: 느슨한, ㉢: 느슨한, ㉣: 촘촘한

③ ㉠: 느슨한, ㉡: 촘촘한, ㉢: 느슨한, ㉣: 촘촘한

④ ㉠: 느슨한, ㉡: 촘촘한, ㉢: 촘촘한, ㉣: 느슨한

정답 4번

NoteBase

기출OX 해설집 · 공무원/서울시/7급 · 토질역학 · 2016 · 6월

출제 포인트

이 문제는 벽체 회전에 따라 모래지반의 토압계수가 능동상태와 수동상태로 이동할 때, 촘촘한 모래의 딜레이턴시 때문에 K_a는 더 작아지고 K_p는 더 커진다는 점을 그래프에서 읽어내는 문제이다.

선지별 해설

1번 X: ㄱ을 촘촘한 모래, ㄴ을 느슨한 모래로 본 부분이 틀리다. 능동상태에서는 촘촘한 모래가 더 작은 토압계수를 보이므로 아래 곡선 ㄴ이 촘촘한 모래이고, ㄱ은 느슨한 모래이다. 또한 수동상태에서는 촘촘한 모래가 더 큰 토압계수를 보이므로 ㄷ이 촘촘한 모래, ㄹ이 느슨한 모래이다.
2번 X: ㄱ과 ㄴ의 배치가 뒤바뀐 점은 1번과 같고, 수동상태의 ㄷ과 ㄹ도 뒤바뀌어 있다. 올바르게는 ㄱ 느슨한, ㄴ 촘촘한, ㄷ 촘촘한, ㄹ 느슨한이다.
3번 X: 능동상태에서 ㄱ을 느슨한 모래, ㄴ을 촘촘한 모래로 본 부분은 맞지만, 수동상태에서 ㄷ을 느슨한 모래, ㄹ을 촘촘한 모래로 둔 부분이 틀리다. 수동상태에서는 딜레이턴시가 큰 촘촘한 모래가 더 큰 K를 내므로 상부 곡선 ㄷ이 촘촘한 모래이고 하부 곡선 ㄹ이 느슨한 모래이다.
4번 O: 능동상태에서는 촘촘한 모래가 더 큰 마찰각을 동원하여 K_a가 더 작게 나타나므로 ㄴ이 촘촘한 모래, ㄱ이 느슨한 모래이다. 수동상태에서는 촘촘한 모래가 팽창 경향 때문에 더 큰 저항을 보여 K_p가 더 크게 나타나므로 ㄷ이 촘촘한 모래, ㄹ이 느슨한 모래이다.

오답 포인트

능동상태와 수동상태에서 촘촘한 모래가 보이는 방향을 같은 감각으로 외우면 헷갈리기 쉽다. 촘촘한 모래는 능동에서는 더 작은 K, 수동에서는 더 큰 K를 만든다는 반대 방향의 변화를 함께 묶어 보아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 0을 기준으로 왼쪽은 능동, 오른쪽은 수동임을 확인한다. 그다음 촘촘한 모래는 딜레이턴시로 인해 능동에서는 아래 곡선, 수동에서는 위 곡선에 놓인다고 판단하면 된다.

암기 포인트

촘촘한 모래는 능동 K를 낮추고 수동 K를 높인다.

NoteBase

문 18. 지표면에 설치된 3.0m×3.0m인 기초에 $20kN/m^2$의 등분포하중이 작용한다. 이 하중에 의하여 3.0m 깊이에 생기는 연직응력 증가량은? (단, 지표면 아래 흙의 단위중량은 $18kN/m^3$로 균등하다고 가정한다.)

① 2.5 kPa

② 5 kPa

③ 25 kPa

④ 50 kPa

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 지표면 정사각형 기초에 작용하는 등분포하중이 깊이 방향으로 분산될 때 2 : 1 하중분산법으로 $3.0m$ 깊이의 연직응력 증가량을 구하는 문제이다.

조건 정리

- 기초 크기: $3.0m \times 3.0m$
- 등분포하중: $20kN/m^2$
- 깊이: $z = 3.0m$
- 구해야 할 값: $3.0m$ 깊이에서의 연직응력 증가량 $\Delta\sigma_z$
- 주의할 조건: 묻는 값은 흙의 자중에 의한 전체 연직응력이 아니라 외부 하중 때문에 추가로 생기는 증가응력이다.

사용할 공식

$\Delta\sigma_z = q \cdot \frac{BL}{(B+z)(L+z)}$

이 문제는 지표면 기초하중을 깊이 방향으로 2 : 1로 분산시키는 근사법에 해당한다. 따라서 깊이 z에서의 분산면적은 $(B+z)(L+z)$로 잡는다.

계산 과정

1. 기초에 작용하는 총하중은 $qBL = 20 \times 3 \times 3 = 180kN$이다.
2. 깊이 $3.0m$에서의 분산면적은 $(3+3)(3+3) = 36m^2$이다.
3. 따라서 연직응력 증가량은

$\Delta\sigma_z = \frac{180}{36} = 5kPa$

이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 2.5kPa는 분산면적을 실제보다 과대하게 잡을 때 나오는 과소값이다. 올바르게는 깊이 3.0m에서의 분산면적을 $36m^2$로 두어 5kPa를 구해야 한다.

② O

- 2 : 1 하중분산법으로 계산하면 증가응력은 정확히 5kPa이다. 총하중 180kN을 깊이 3.0m에서의 분산면적 $36m^2$로 나누면 된다.

③ X

- 25kPa는 증가응력의 분산 개념을 무시하여 과대평가한 값이다. 올바르게는 하중이 깊이와 함께 넓게 퍼지므로 증가응력은 5kPa로 작아진다.

④ X

- 50kPa는 주어진 흙의 단위중량 $18kN/m^3$과 깊이 3.0m를 곱한 자중응력 54kPa와 비슷한 함정값이다. 이 문제는 자중응력이 아니라 기초하중 때문에 추가되는 증가응력을 묻기 때문에 올바른 값은 5kPa이다.

오답 포인트

주어진 $18kN/m^3$를 보고 흙의 자중응력 γz를 계산하는 실수가 가장 흔하다. 그러나 발문은 외부 하중에 의한 연직응력 증가량을 묻고 있으므로 자중응력과 증가응력을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

기초하중의 심도별 응력 문제는 먼저 증가응력인지 전체응력인지 구분하고, 그다음 qBL로 총하중을 구한 뒤 분산면적 $(B+z)(L+z)$로 나누어 판단한다.

암기 포인트

지표면 기초의 2 : 1 분산법은 깊이 z에서 분산면적을 $(B+z)(L+z)$로 두고, 증가응력은 총하중을 그 면적으로 나눈 값이다.

NoteBase

문 19. 배면이 연직이고 높이가 8m인 옹벽이 있다. 뒤채움 표면은 수평이고 흙의 단위중량이 19kN/m^3, 점착력이 9.5kN/m^2, 내부마찰각은 30°일 때, 인장균열이 발생하는 깊이는?

① $\frac{\sqrt{3}}{2}\text{m}$

② 1m

③ $\sqrt{3}\text{m}$

④ $2\sqrt{3}\text{m}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 점착력이 있는 뒤채움 흙의 Rankine 주동토압식으로 인장균열 깊이를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 옹벽 높이 8m, 흙의 단위중량 19kN/m^3, 점착력 9.5kN/m^2, 내부마찰각 30도이다.
구해야 할 값은 인장균열이 발생하는 깊이이다.
배면이 연직이고 표면이 수평이므로 Rankine 주동상태를 적용한다.

사용할 공식

주동토압계수는 $K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2) = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$이다.
점착력이 있는 흙의 수평 주동응력은 $\sigma_h = K_a\gamma z - 2c\sqrt{K_a}$ 이다.
인장균열은 지표면 부근에서 $\sigma_h = 0$이 되는 깊이까지 발생하므로 $z_t = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$ 를 쓴다.

계산 과정

1. $\phi = 30^\circ$이므로 $K_a = \frac{1-\sin 30^\circ}{1+\sin 30^\circ} = \frac{1-0.5}{1+0.5} = \frac{1}{3}$ 이다.
2. 따라서 $\sqrt{K_a} = \sqrt{1/3} = 1/\sqrt{3}$ 이다.
3. 인장균열 깊이는 $z_t = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}} = \frac{2\times 9.5}{19\times(1/\sqrt{3})} = \sqrt{3}m$ 이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $\frac{\sqrt{3}}{2}m$는 정답값의 절반이다. $2c$를 써야 하는데 c만 넣으면 이런 값이 나온다. 틀린 표현은 인장균열 깊이를 절반으로 본 점이며, 올바르게는 인장균열 깊이는 $\sqrt{3}m$이다.
② X: 1m는 계산 결과와 맞지 않는다. $K_a = 1/3$ 또는 $\sqrt{K_a} = 1/\sqrt{3}$ 처리를 생략하면 나올 수 있는 오답이다. 틀린 표현은 주동토압계수의 영향을 반영하지 않은 점이며, 올바르게는 $\sqrt{K_a}$를 포함해 계산해야 하므로 $\sqrt{3}m$가 된다.
③ O: $z_t = \sqrt{3}m$로 계산되므로 옳다.
④ X: $2\sqrt{3}m$는 정답의 2배이다. 분모의 $\gamma\sqrt{K_a}$를 작게 보거나 $2c$를 중복 반영하면 이런 값이 나온다. 틀린 표현은 인장균열 깊이를 과대평가한 점이며, 올바르게는 $\sqrt{3}m$이다.

오답 포인트

점착력이 있는 흙의 주동토압식에서 $-2c\sqrt{K_a}$ 항을 빠뜨리거나, 인장균열 조건을 $\sigma_h = 0$으로 두지 않으면 오답이 된다. K_a와 $\sqrt{K_a}$를 혼동하는 실수도 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

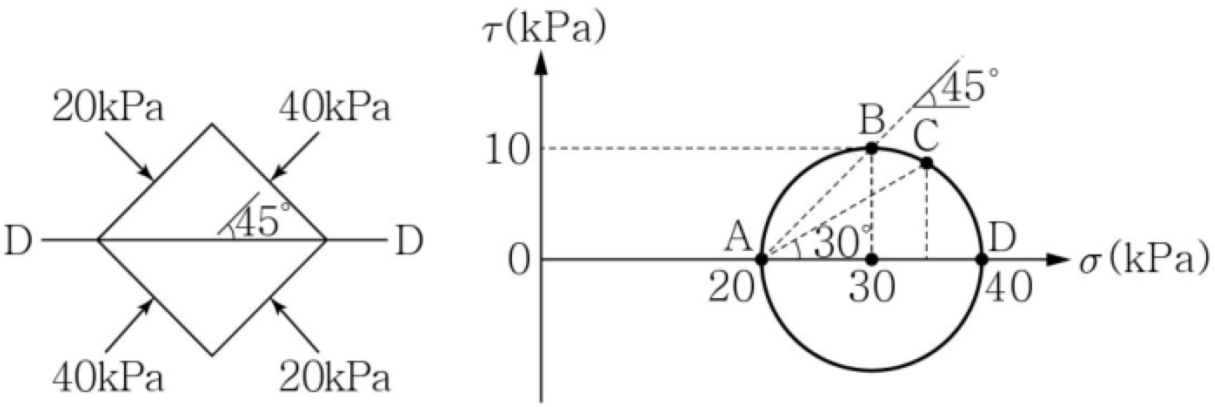
점착력이 있는 옹벽 토압 문제는 먼저 K_a를 구하고, 그다음 $\sigma_h = K_a\gamma z - 2c\sqrt{K_a}$에서 0이 되는 깊이를 찾아 인장균열 여부와 깊이를 판단한다.

암기 포인트

점착성 뒤채움의 인장균열 깊이는 $z_t = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$이다.

NoteBase

문 20. 왼쪽 그림의 D-D면에 작용하는 수직응력과 전단응력을 구하기 위해 오른쪽 그림과 같이 Mohr원을 작도하였다. 오른쪽 그림에서 평면기점(O_p)을 표시하면 어디인가?



① A

② B

③ C

④ D

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 주응력 상태에서 D-D면이 주평면으로부터 45° 회전한 면이라는 점을 보고, Mohr원에서 $2\theta = 90°$ 이동한 점을 찾는 문제이다.

핵심 개념

주평면은 전단응력이 0인 면이고, 어떤 면이 주평면에서 θ만큼 기울어지면 Mohr원에서는 그 면의 응력점이 2θ 만큼 이동하여 나타난다.

NoteBase

선지별 해설

1번 A: X이다. A는 $\sigma = 20kPa$, $\tau = 0$인 주평면 점이다. D-D면은 주평면 자체가 아니라 그로부터 45° 회전한 면이므로 A가 아니다. 올바르게는 B이다.
2번 B: O이다. 왼쪽 요소에서 D-D면은 응력이 작용하는 면들과 45° 관계이므로 주평면에서 $\theta = 45^\circ$ 회전한 면이다. Mohr원에서는 $2\theta = 90^\circ$ 이동하므로 중심 $\sigma = 30kPa$의 바로 위 점인 B가 D-D면의 응력점이 된다.
3번 C: X이다. C는 주평면 점에서 90° 이동한 점이 아니라 그보다 작은 각도로 이동한 점이므로 D-D면과 대응하지 않는다. 그림에 적힌 30° 보조각만 보고 C를 고르면 실제 면의 회전각 45°와 Mohr원 각도 90°를 혼동한 것이다. 올바르게는 B이다.
4번 D: X이다. D는 $\sigma = 40kPa$, $\tau = 0$인 다른 주평면 점이다. D-D면은 전단응력이 0인 주평면이 아니라 전단응력이 최대가 되는 방향의 면이므로 D가 아니다. 올바르게는 B이다.

오답 포인트

실제 요소에서의 회전각 θ와 Mohr원에서의 회전각 2θ를 같은 것으로 보면 C를 고르기 쉽다. 끝점 A, D는 주평면 점이고, 주평면에서 45° 떨어진 면은 원의 꼭대기나 바닥점으로 간다는 점을 놓치면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 전단응력이 0인 두 주평면 점을 Mohr원 양 끝점으로 잡는다. 그다음 찾는 면이 주평면에서 몇 도 회전했는지 읽고, 원 위에서는 그 각도의 두 배만큼 이동한 점을 선택하면 된다. 주평면에서 45°면 Mohr원에서는 90° 이동이므로 꼭대기점이나 바닥점이 된다.

암기 포인트

실제 면의 회전 θ는 Mohr원에서 2θ로 바뀐다. 주평면에서 45° 떨어진 면은 원의 맨 위점 또는 맨 아래점이다.

NoteBase