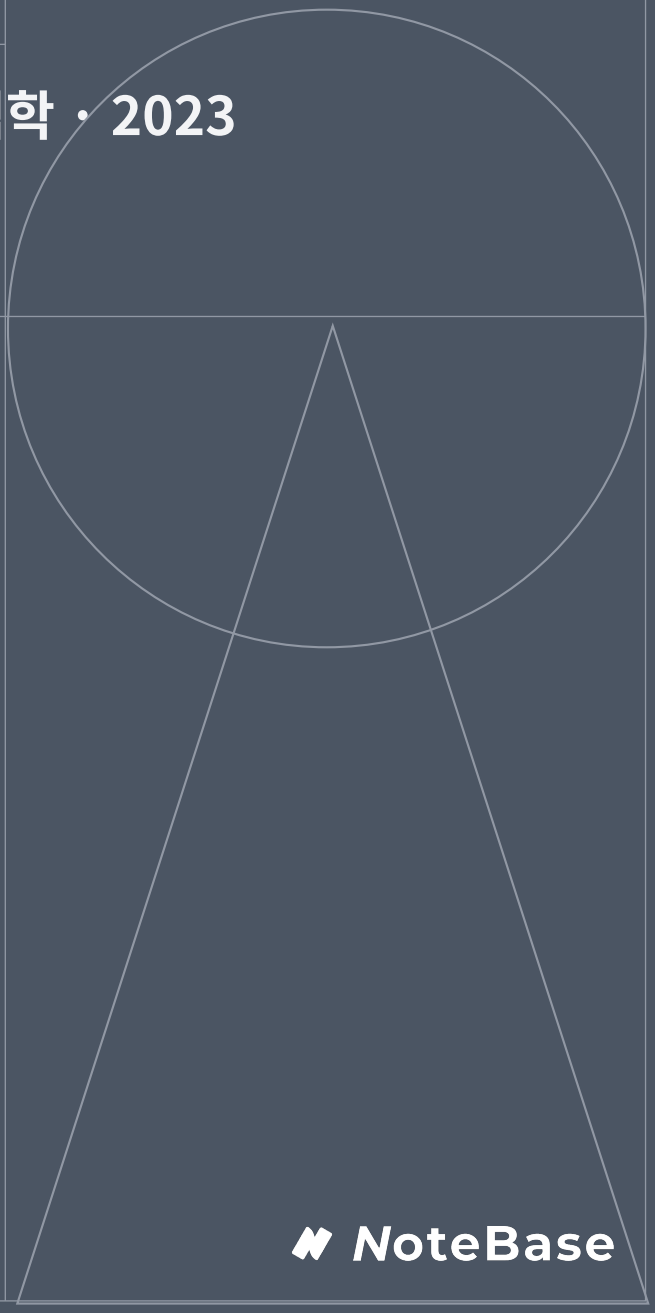
기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 토질역학 · 2023



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/지방직/7급 · 토질역학 · 2023

공무원/지방직/7급 · 토질역학 · 2023

문 1. 체분석시험과 Atterberg 한계시험 결과가 다음과 같을 때, 이 흙을 통일분류법으로 분류하면? (단, Casagrande의 소성도표에서 A-Line의 식은 $PI = 0.73[LL - 20]$이다)

<체분석시험 결과>
◯ 200번 체0.074mm 가적통과율 = 55%
◯ 4번 체4.75mm 가적통과율 = 85%

<Atterberg 한계시험 결과>
◯ 액성한계(LL) = 48%
◯ 소성한계(PL) = 40%

① CL
② ML
③ SM
④ CH

정답 2번

출제 포인트

통일분류법에서 200번 체 통과율로 세립토 여부를 판단하고, 소성도표의 A-line 및 액성한계로 ML·CL·CH를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

세립토는 200번 체 통과율이 50%를 넘는 흙이다. 이 흙은 55%이므로 세립토이다.
ML은 A-line 아래에 있고 액성한계가 50% 미만인 저소성 실트이다. CL은 A-line 위에 있고 액성한계가 50% 미만인 저소성 점토이다. CH는 A-line 위에 있고 액성한계가 50% 이상인 고소성 점토이다.
소성지수는 $PI = LL - PL = 48 - 40 = 8$이고, A-line 값은 $0.73(48 - 20) = 20.44$이다. 실제 PI가 A-line보다 작으므로 M 영역이며, $LL = 48 < 50$이므로 L 기호를 붙인다.

NoteBase

선지별 해설

① X: CL은 저소성 점토로서 소성지수가 A-line 위에 있어야 한다. 이 흙의 $PI = 8$은 A-line 값 20.44보다 작다. 틀린 분류기호 CL → 올바르게는 ML이다.
② O: 200번 체 통과율이 55%이므로 세립토이고, $PI = 8$이 A-line 아래이므로 M(실트), $LL = 48 < 50$이므로 L(저소성)이다. 따라서 ML이 맞다.
③ X: SM은 세립분이 일부 섞인 모래로, 조립토에 해당한다. 이 흙은 200번 체 통과율이 55%로 세립토 기준 50%를 넘는다. 틀린 분류기호 SM → 올바르게는 ML이다.
④ X: CH는 고소성 점토로 A-line 위이면서 액성한계가 50% 이상이어야 한다. 이 흙은 A-line 아래이고 $LL = 48$이다. 틀린 분류기호 CH → 올바르게는 ML이다.

오답 포인트

소성한계 PL=40을 소성지수 PI=40으로 잘못 읽으면 점토 영역으로 판단하게 된다. 먼저 $PI = LL - PL$를 계산한 뒤 A-line과 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 200번 체 통과율 50%를 기준으로 세립토·조립토를 가른다. 세립토이면 $PI = LL - PL$를 구해 A-line 위·아래로 C와 M을 정하고, 이어서 액성한계 50을 기준으로 L과 H를 정한다.

암기 포인트

200번 체 50% 초과는 세립토, A-line 위는 C·아래는 M, 액성한계 50 미만은 L이다.

NoteBase

문 2. Terzaghi의 1차원 압밀이론 및 가정조건의 내용으로 옳지 않은 것은?

① 압밀방정식의 해는 압밀과정 중 압밀층 내부의 과잉간극수압 분포를 압밀소요시간과 위치에 따라 나타낸 것이다.

② 압밀과정에서 시료의 간극비가 감소하면서 투수계수도 감소하는 것으로 가정한다.

③ 압밀도는 초기 과잉간극수압에 대한 유효응력 증가량의 비율을 의미한다.

④ 압밀방정식의 해를 이용하여 압밀층의 평균압밀도를 시간계수의 함수로 나타낼 수 있다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 Terzaghi의 1차원 압밀이론에서 사용하는 가정과 압밀도의 의미를 묻는 문제이다.

핵심 개념

1차원 압밀이론은 포화된 점토층에서 물의 흐름과 변형이 연직 한 방향으로만 일어난다고 보고, 압밀 중 투수계수와 체적압축계수는 일정하다고 가정한다. 압밀도는 초기 과잉간극수압이 소산되면서 증가한 유효응력의 비율이며, $U = \Delta\sigma' / \Delta u_i$로 나타낼 수 있다.

선지별 해설

① O. 압밀방정식의 해는 압밀층 내부 과잉간극수압이 시간과 위치에 따라 어떻게 분포하는지를 나타낸다.

② X. 틀린 표현은 '간극비가 감소하면서 투수계수도 감소'이다. Terzaghi의 기본 1차원 압밀이론에서는 압밀 중 간극비가 변하더라도 투수계수를 일정한 값으로 가정한다.

③ O. 압밀도는 초기 과잉간극수압에 대하여 그 시점까지 증가한 유효응력의 비율을 뜻한다. 과잉간극수압의 소산 비율로 보아도 같은 의미이다.

④ O. 압밀방정식의 해를 두께 방향으로 평균하면 평균압밀도를 시간계수의 함수로 나타낼 수 있다.

오답 포인트

실제 토층에서는 압밀로 간극비가 감소하면 투수계수도 변할 수 있다. 그러나 ②는 실제 거동을 이론의 가정처럼 바꾸어 말한 것이므로 틀리다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

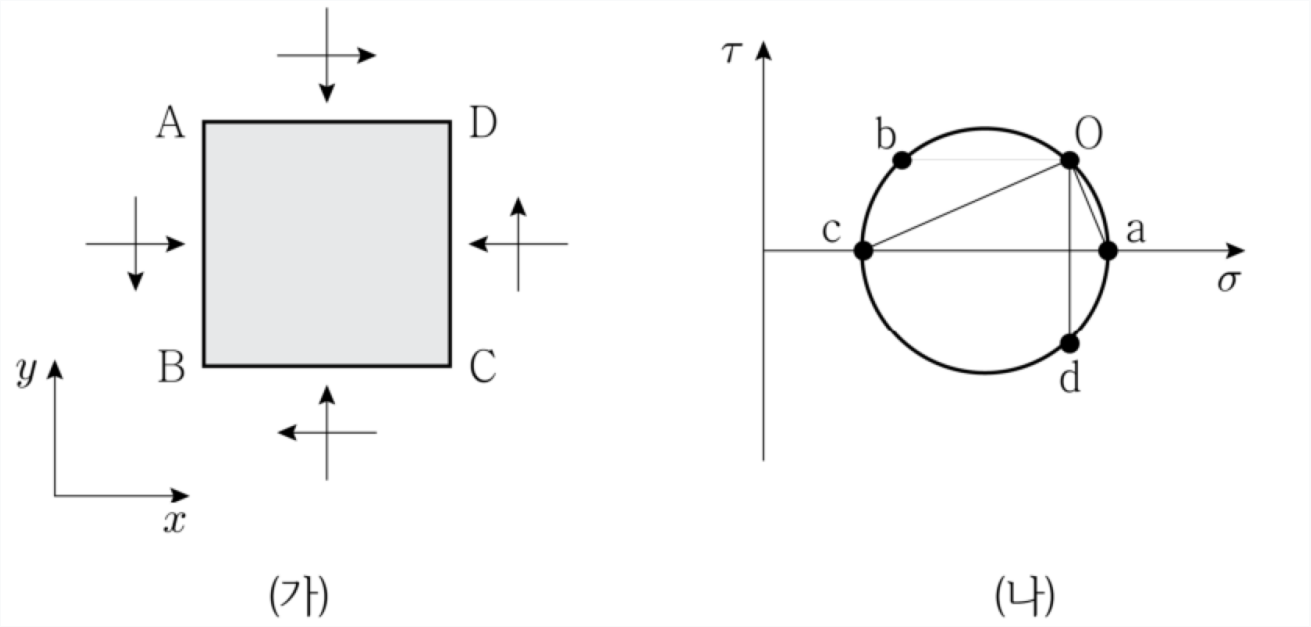
1차원 압밀이론의 선지에서는 배수·변형 방향이 연직 한 방향인지, 그리고 해석에 쓰는 투수계수와 압축성 계수를 일정하게 두는지 확인한다. 이어서 압밀도는 과잉간극수압의 소산 또는 유효응력 증가의 비율로 판단한다.

암기 포인트

압밀 진행: 과잉간극수압 감소 = 유효응력 증가, 기본 해석 가정: k 일정이다.

NoteBase

문 3. 그림 (가)에 제시된 정사각형 입자 ABCD의 AB면에 작용하는 응력 상태를 그림 (나)의 Mohr 원상에 표시하면 점 O에 해당한다고 하자. 그림 (나)에 제시된 여러 점 중에서 극점(pole)은? (단, 정사각형 입자 ABCD는 힘의 평형상태에 있다고 가정한다)



① a

② b

③ c

④ d

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Mohr 원에서 어떤 면의 응력점과 극점을 이은 직선이 그 실제 면과 평행하다는 성질을 이용하여 극점을 찾는 문제이다. AB면은 수직면이고 그 응력점이 O이므로, O를 지나 AB면과 평행한 수직선이 원과 다시 만나는 점을 찾는다.

NoteBase

선지별 해설

① X: a는 σ축 위의 원주점으로, O와 a를 이은 선분은 수직인 AB면과 평행하지 않다. "a가 극점이다"라는 판단은 틀리며, 극점은 O를 지나는 수직선 위의 d이다.
② X: b와 O를 이은 선분은 수평이므로 수직면인 AB면과 평행하지 않다. "b가 극점이다"라는 판단은 틀리며, 극점은 d이다.
③ X: c와 O를 이은 선분은 대각선 방향이므로 AB면의 방향과 일치하지 않는다. "c가 극점이다"라는 판단은 틀리며, 극점은 d이다.
④ O: O를 지나 AB면과 평행한 수직선을 그리면 원과 다른 한 점 d에서 만난다. 따라서 d가 극점이다.

오답 포인트

a와 c가 σ축 위에 있어 눈에 띄지만, 극점은 주응력점이나 원의 중심 방향으로 정하지 않는다. 응력점 O와 후보점을 이은 선의 방향이 실제 AB면의 방향과 평행한지를 보아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 주어진 실제 면의 방향을 확인하고, 그 면의 응력점에서 실제 면과 평행한 직선을 그린다. 그 직선이 Mohr 원과 다시 만나는 원주점이 극점이다.

암기 포인트

극점-응력점 연결선은 실제 면과 평행하다.

NoteBase

문 4. 흙의 전체단위중량이 18kN/m^{3}인 연약지반에 지하 1층, 지상 5층 건물을 시공하였다. 지하층 하부에 설치된 전면기초 저면까지의 근입깊이가 3m일 때, 전면기초 저면의 흙에 작용하는 순하중(net pressure) [kPa]은? (단, 각 층의 높이는 모두 같고, 건물의 층당 하중은 15kPa로 가정한다)

① 18

② 21

③ 36

④ 39

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 건물의 층당 하중에서 기초 저면까지 굴착하며 제거된 흙의 상재하중을 빼어 순하중을 구하는 문제이다.

조건 정리

지하 1층과 지상 5층이므로 총 층수는 6층이다. 층당 하중은 $15kPa$이고, 기초 저면까지의 굴착깊이는 $3m$, 흙의 전체단위중량은 $18kN/m^3$이다. 굴착으로 제거된 흙의 하중은 기초 저면에서 기존에 작용하던 상재하중이므로 건물 하중에서 공제한다.

사용할 공식

순하중은 $q_{net} = q_{gross} - \gamma D_f$로 구한다. 여기서 q_{gross}는 건물의 총 하중, γD_f는 굴착으로 제거된 흙의 하중이다. 기초를 설치하기 전에 흙을 $3m$ 굴착하였으므로, 새 건물 하중이 기존 지반에 추가로 주는 하중은 제거된 흙의 하중만큼 감소한다.

계산 과정

1. 건물의 총 접지하중은 $q_{gross} = 6 \times 15 = 90kPa$이다.
2. 제거된 흙의 하중은 $\gamma D_f = 18 \times 3 = 54kPa$이다. $kN/m^3 \times m = kN/m^2 = kPa$이므로 단위도 맞는다.
3. 따라서 $q_{net} = 90 - 54 = 36kPa$이다.

선지 판단

① X. 순하중은 $18kPa$가 아니라 $36kPa$이다. 틀린 표현인 '18'은 '36'으로 고쳐야 한다.
② X. 순하중은 $21kPa$가 아니라 $36kPa$이다. 틀린 표현인 '21'은 '36'으로 고쳐야 한다.
③ O. 총 건물하중 $90kPa$에서 굴착으로 제거된 흙의 하중 $54kPa$를 빼면 $36kPa$이므로 옳다.
④ X. 순하중은 $39kPa$가 아니라 $36kPa$이다. 틀린 표현인 '39'는 '36'으로 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

지하층을 포함한 총 6개 층의 하중을 모두 합산하지 않거나, 굴착깊이 3m에 해당하는 기존 흙의 하중 54kPa를 빼지 않으면 오답이 된다. 특히 순하중은 건물 총하중 자체가 아니라 굴착 전 지반 상태와 비교한 추가 하중이다.

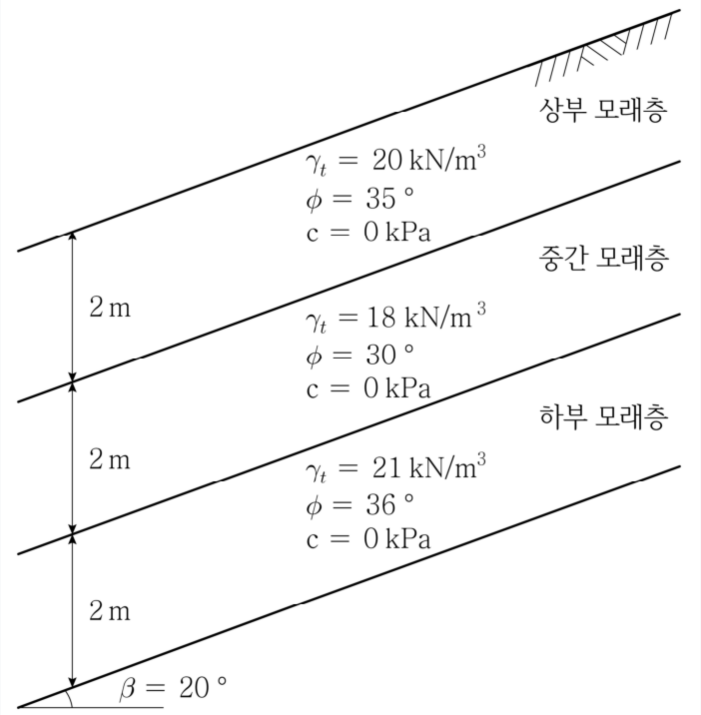
다시 나오면 이렇게 판단

순하중 문제는 먼저 지상층과 지하층을 모두 포함해 건물 총하중을 구하고, 다음으로 γD_f로 제거된 흙의 하중을 구한 뒤 두 값을 뺀다. 마지막에는 $kN/m^2 = kPa$인지 단위를 검산한다.

암기 포인트

순하중 = 건물 총하중 - 굴착토 하중, 즉 $q_{net} = q_{gross} - \gamma D_f$이다.

문 5. 그림과 같이 상부, 중간, 하부 모래층으로 구성된 무한사면이 있다. 무한사면의 최소 안전율 및 최소 안전율이 발생하는 지층은? (단, 무한사면 파괴는 지층 경계에서 발생하지 않는 것으로 가정한다)



① 최소 안전율: $\frac{\tan 35^\circ}{\tan 20^\circ}$, 최소 안전율 발생 지층: 상부 모래층

② 최소 안전율: $\frac{\tan 30^\circ}{\tan 20^\circ}$, 최소 안전율 발생 지층: 중간 모래층

③ 최소 안전율: $\frac{\tan 30^\circ}{\tan 20^\circ}$, 최소 안전율 발생 지층: 하부 모래층

④ 최소 안전율: $\frac{\tan 36^\circ}{\tan 20^\circ}$, 최소 안전율 발생 지층: 하부 모래층

정답 2번

출제 포인트

점착력이 없는 균질 모래층의 무한사면 안전율을 구하고, 각 층의 내부에서 발생하는 파괴면 중 최소 안전율을 비교하는 문제이다.

조건 정리

사면경사각은 $\beta = 20\,^\circ$이고, 세 모래층 모두 $c = 0$이다. 문제에서 파괴는 지층 경계에서 발생하지 않는다고 하였으므로 각 층을 각각 균질한 무한사면으로 판단한다.

사용할 공식

점착력이 없는 무한사면의 안전율은 $F_s = \frac{\tan\phi}{\tan\beta}$이다. 파괴면 깊이에 따른 수직응력과 전단응력에는 모두 해당 층의 단위중량과 깊이가 곱해지므로, $c = 0$이면 이 값들은 안전율 계산에서 약분된다.

NoteBase

계산 과정

상부 모래층은 $F_s = \tan 35^\circ / \tan 20^\circ \approx 1.92$이다.
중간 모래층은 $F_s = \tan 30^\circ / \tan 20^\circ \approx 1.59$이다.
하부 모래층은 $F_s = \tan 36^\circ / \tan 20^\circ \approx 2.00$이다.
따라서 내부마찰각이 가장 작은 중간 모래층의 안전율이 최소이다.

선지 판단

① X: $\tan 35^\circ / \tan 20^\circ$는 상부 모래층의 안전율로는 맞지만 최소값이 아니다. 틀린 표현은 '최소 안전율'이며, 올바르게는 상부 모래층의 안전율은 약 1.92이다.
② O: 중간 모래층은 $\phi = 30^\circ$이므로 $F_s = \tan 30^\circ / \tan 20^\circ \approx 1.59$이고, 세 층 중 가장 작다.
③ X: $\tan 30^\circ / \tan 20^\circ$는 중간 모래층에 해당한다. 틀린 표현은 '하부 모래층'이며, 올바르게는 최소 안전율은 중간 모래층에서 발생한다.
④ X: $\tan 36^\circ / \tan 20^\circ$는 하부 모래층의 안전율로는 맞지만 최소값이 아니다. 틀린 표현은 '최소 안전율'이며, 올바르게는 하부 모래층의 안전율은 약 2.00이다.

오답 포인트

단위중량과 층 두께가 제시되어 있어 이를 모두 대입하려 하기 쉽다. 그러나 $c = 0$인 균질층 내부의 무한사면에서는 이 항들이 약분되므로, 같은 사면경사각에서는 ϕ가 작을수록 안전율이 작다. 또한 ③처럼 계산식의 내부마찰각과 층 이름을 서로 바꾸지 않도록 확인한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 파괴면이 한 층 내부인지와 $c = 0$ 여부를 확인한다. 그다음 각 층에 $F_s = \tan\phi / \tan\beta$를 적용하고, 공통인 β에서 가장 작은 ϕ를 가진 층을 최소 안전율 발생층으로 판단한다.

암기 포인트

점착력 없는 무한사면은 $F_s = \tan\phi / \tan\beta$이며, $\phi \downarrow$이면 $F_s \downarrow$이다.

NoteBase

문 6. 주어진 모래 시료를 간극비가 0.4인 상태로 투수시험을 실시하였더니, 측정된 투수계수가 3.0×10^{-3}m/s였다. 같은 시료로 간극비가 0.8인 시편을 성형했을 때, Kozeny-Carman식에 근거하여 추정한 투수계수 [m/s]와 가장 가까운 값은?

① 1.9×10^{-2}

② 2.3×10^{-2}

③ 2.6×10^{-2}

④ 3.0×10^{-2}

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 같은 모래에서 Kozeny-Carman식에 따른 간극비 변화와 투수계수의 관계를 이용해 새 투수계수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $e_1 = 0.4$, $k_1 = 3.0 \times 10^{-3} m/s$, $e_2 = 0.8$이다. 같은 시료이므로 입경·입자형상 등의 조건은 같다고 본다. 구할 값은 $e_2 = 0.8$일 때의 k_2이다.

사용할 공식

Kozeny-Carman식에서 같은 모래 시료의 투수계수는 $k \propto \frac{e^3}{1+e}$이다. 따라서 $\frac{k_2}{k_1} = \frac{e_2^3/(1+e_2)}{e_1^3/(1+e_1)}$를 사용한다. 시료 자체는 같고 간극비만 변하므로, 비례식에서 공통인 입자 관련 항은 약분된다.

계산 과정

1. 간극비별 항을 계산하면 $e_2^3/(1+e_2) = 0.8^3/1.8$, $e_1^3/(1+e_1) = 0.4^3/1.4$이다.
2. 따라서 $\frac{k_2}{k_1} = \frac{0.8^3/1.8}{0.4^3/1.4} = 6.22$이다.
3. $k_2 = 3.0 \times 10^{-3} \times 6.22 = 1.87 \times 10^{-2} m/s$이므로 가장 가까운 값은 $1.9 \times 10^{-2} m/s$이다.

선지 판단

① O. 계산값 $1.87 \times 10^{-2} m/s$와 가장 가깝다.
② X. $2.3 \times 10^{-2} m/s$는 계산값보다 크다. 틀린 값 → 올바르게는 $1.9 \times 10^{-2} m/s$이다.
③ X. $2.6 \times 10^{-2} m/s$는 계산값보다 크다. 틀린 값 → 올바르게는 $1.9 \times 10^{-2} m/s$이다.
④ X. $3.0 \times 10^{-2} m/s$는 계산값보다 크다. 틀린 값 → 올바르게는 $1.9 \times 10^{-2} m/s$이다.
계산 결과가 $1.87 \times 10^{-2} m/s$이므로 정답은 1번이다.

NoteBase

오답 포인트

간극비가 커지면 투수계수도 증가하지만, k가 e에 단순 비례한다고 처리하면 안 된다. $e^3/(1+e)$ 전체를 비교해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

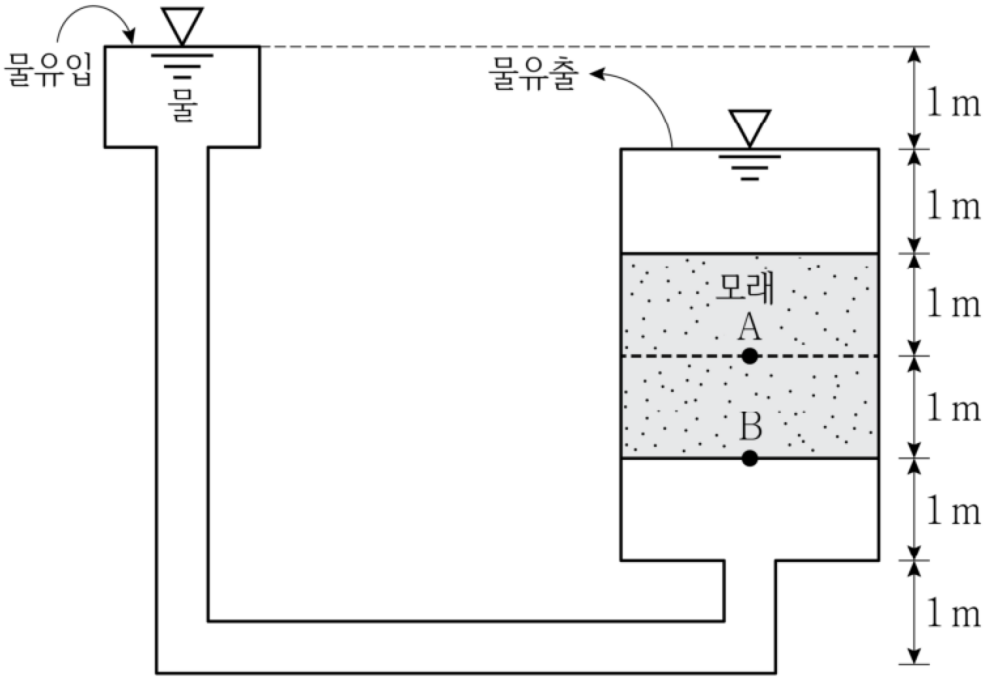
같은 흙 시료에서 간극비만 변하면 먼저 $k \propto e^3/(1+e)$의 비를 세운 뒤, 두 상태의 $e^3/(1+e)$를 각각 계산하여 기존 k에 곱한다.

암기 포인트

같은 모래: $k \propto \frac{e^3}{1+e}$. 간극비 증가는 투수계수를 크게 증가시킨다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 모래 시료에 대해 정수위 투수시험을 실시하고 있다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 모래 시료의 간극률은 $\frac{1}{3}$, 투수계수는 k_0, 포화단위중량은 20kN/m^3, 물의 단위중량은 10kN/m^{3}이다)



① A점에서 연직유효응력은 5kN/m^{2}이다.

② 시료 내부의 유출속도(discharge velocity)는 $0.5k_0$이고, 침투속도(seepage velocity)는 $1.5k_0$이다.

③ B점에서 압력수두의 크기는 3.0m이다.

④ 시료 내부 단위부피당 상향침투력은 5kN/m^{3}이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 정수위 투수시험에서 수두차로 동수경사를 구하고, 이를 이용하여
유출속도·침투속도·압력수두·유효응력을 판단하는 문제이다.

조건 정리

모래층의 길이는 $L = 2m$이고, 하부 수두가 상부 수두보다 $1m$ 높으므로 흐름은 상향류이다. 간극률은 $n = 1/3$이다.
A점은 모래층 상단에서 $1m$ 아래이고, B점은 모래층 하단에 있다.
포화단위중량은 $\gamma_{sat} = 20kN/m^3$, 물의 단위중량은 $\gamma_w = 10kN/m^3$이다.

NoteBase

사용할 공식

동수경사는 $i = \Delta h / L$이고, 유출속도는 $v_d = ki$, 침투속도는 $v_s = v_d / n$이다. 상향침투력은 단위부피당 $i\gamma_w$이다. 모래층 안의 한 점에서는 전체수두에서 위치수두를 빼 압력수두를 구하며, 유효응력은 $\sigma'_v = \sigma_v - u$로 구한다. 수두차에 의한 흐름·응력 변화를 묻는 상황이므로 이 공식들을 사용한다.

계산 과정

상향 동수경사는 $i = 1/2 = 0.5$이다.
유출속도는 $v_d = k_0 \times 0.5 = 0.5k_0$이다. 침투속도는 $v_s = 0.5k_0/(1/3) = 1.5k_0$이다.
A점의 압력수두는 $2.5m$이므로 간극수압은 $u_A = 10 \times 2.5 = 25kN/m^2$이다. A점의 전응력은 상부 물 $1m$와 모래 $1m$에 의해 $\sigma_{v,A} = 10 \times 1 + 20 \times 1 = 30kN/m^2$이다. 따라서 $\sigma'_{v,A} = 30 - 25 = 5kN/m^2$이다.
B점은 하부 수두와 연결되어 전체수두가 상부 기준수면과 같고, B점이 그 기준수면에서 $4m$ 아래이므로 압력수두는 $4.0m$이다. 상향침투력은 $i\gamma_w = 0.5 \times 10 = 5kN/m^3$이다.

선지 판단

① O: A점의 유효연직응력은 $5kN/m^2$이다. 전응력 $30kN/m^2$에서 간극수압 $25kN/m^2$을 빼면 된다.
② O: 유출속도는 $0.5k_0$이고, 간극률 1/3으로 나눈 침투속도는 $1.5k_0$이다.
③ X: '압력수두의 크기는 $3.0m$'가 틀리다. B점의 압력수두는 기준수면과의 수직거리인 $4.0m$이다.
④ O: 상향침투력은 $i\gamma_w = 0.5 \times 10 = 5kN/m^3$이다.

오답 포인트

③은 B점의 압력수두를 상부 수면 또는 모래 상단을 기준으로 잘못 세어 $3m$로 판단하게 만든다. 압력수두는 해당 점에서의 전체수두와 위치수두의 차이이며, 이 그림에서는 B점부터 기준수면까지의 높이가 $4m$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

정수위 투수시험에서는 먼저 양 끝 수두의 차와 시료 길이로 i를 구한다. 이어서 $v_d = ki$, $v_s = v_d/n$, $i\gamma_w$를 순서대로 적용하고, 각 점의 압력수두는 같은 기준면에서 전체수두와 위치수두를 비교하여 구한다.

암기 포인트

유출속도는 ki, 침투속도는 ki/n, 상향침투력은 $i\gamma_w$이다.

NoteBase

문 8. 횡방향 변위가 발생하지 않는 정방형 철제 상자에 2m 두께의 포화 점토 시료가 담겨 있다. 비배수조건이 유지되는 시료의 표면에 균등하게 연직방향으로 200kPa의 등분포하중을 재하할 때 발생하는 탄성 침하량 [cm]과 가장 가까운 값은? (단, 철제 상자에 담긴 포화 점토 시료는 탄성계수 E가 10MPa, 푸아송비 ν는 0.5인 등방선형탄성물질로 가정한다)

① 0

② 2

③ 4

④ 6

정답 1번

출제 포인트

비배수 상태의 포화점토를 포아송비 $\nu = 0.5$인 비압축성 탄성체로 보고, 횡방향 변위가 구속될 때 수직변형률과 탄성침하량을 판단하는 문제이다.

조건 정리

시료 두께는 $H = 2m$, 연직 등분포하중은 $q = 200kPa$, 탄성계수는 $E = 10MPa$, 포아송비는 $\nu = 0.5$이다. 정방형 철제 상자가 횡방향 변위를 막으므로 $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$이다.

사용할 공식

비압축성 탄성체에서는 체적변형률이 $\varepsilon_v = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = 0$이다. 침하량은 $s = \varepsilon_z H$로 구한다. $\nu = 0.5$인 포화점토의 비배수 조건은 체적변형이 없다는 조건에 해당하므로 이 관계를 사용한다.

계산 과정

1. 횡방향 변위가 없으므로 $\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$이다.
2. 체적변형률 $\varepsilon_v = 0$에 대입하면 $0 + 0 + \varepsilon_z = 0$이므로 $\varepsilon_z = 0$이다.
3. 따라서 $s = \varepsilon_z H = 0 \times 2m = 0m = 0cm$이다.

선지 판단

① O: 계산된 탄성침하량이 $0cm$이므로 옳다.
② X: $2cm$의 침하가 발생하지 않는다. 틀린 표현인 '$2cm$'는 '$0cm$'로 고쳐야 한다.
③ X: $4cm$의 침하가 발생하지 않는다. 틀린 표현인 '$4cm$'는 '$0cm$'로 고쳐야 한다.
④ X: $6cm$의 침하가 발생하지 않는다. 틀린 표현인 '$6cm$'는 '$0cm$'로 고쳐야 한다.

NoteBase

오답 포인트

하중 $200kPa$, 두께 $2m$, 탄성계수 $10MPa$만으로 qH/E를 계산하면 횡방향 구속 조건을 빠뜨리게 된다. 이 문제에서는 $\nu = 0.5$와 횡방향 변위 없음이 함께 주어져 수직변형률도 0이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

비배수 포화점토에서 $\nu = 0.5$이면 먼저 체적변형률 0을 둔다. 이어서 구속된 방향의 변형률이 0인지 확인하고, 남은 방향의 변형률을 체적변형률 식으로 판단한다.

암기 포인트

비배수·$\nu = 0.5$는 체적변형 0, 모든 방향이 구속되면 각 방향 변형률도 0이다.

NoteBase

문 9. 두께 10m의 포화된 정규압밀점토층이 모래층 위에 존재한다. 선행재하 공법을 위해 모래를 쌓아 100kPa의 등분포하중을 적용하였다. 이때 발생하는 점토층의 최종 압밀침하량은 1.0m로 산정된다. 이 점토층의 압밀계수가 0.5 m^2/년일 때, 100kPa의 등분포하중이 재하된 후 5년 동안에 발생하는 압밀침하량 [m]은? (단, 5년 동안의 압밀과정에서 시간계수 T_v와 평균압밀도 U의 관계는 $T_v = \frac{\pi}{4}U^2$이다)

① $0.5 \times \sqrt{\frac{0.1}{\pi}}$
② $0.5 \times \sqrt{\frac{0.4}{\pi}}$
③ $1.0 \times \sqrt{\frac{0.2}{\pi}}$
④ $1.0 \times \sqrt{\frac{0.4}{\pi}}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 1차원 압밀에서 시간계수 T_v로 평균압밀도 U를 구한 뒤, 최종 압밀침하량에 곱하여 5년 후 침하량을 산정하는 문제이다.

조건 정리

점토층 두께는 $10m$이고, 위에는 성토한 모래층, 아래에는 기존 모래층이 있으므로 양면배수 조건이다. 따라서 배수거리 H_{dr}는 $10/2 = 5m$이다.
압밀계수는 C_v=0.5 m^2/년, 재하기간은 t=5 년, 최종 압밀침하량은 $S_f = 1.0m$이다.

사용할 공식

$T_v = \frac{C_v t}{H_{dr}^2}, \qquad T_v = \frac{\pi}{4}U^2, \qquad S_t = US_f$
시간계수는 압밀 진행 시간을 배수거리로 무차원화한 값이며, 주어진 T_v와 U의 관계식으로 평균압밀도를 구한 뒤 그 비율만큼 최종침하량이 발생한다.

계산 과정

1. 양면배수이므로 $H_{dr} = 5m$이다.
2. $T_v = \frac{0.5 \times 5}{5^2} = 0.1$
3. $0.1 = \frac{\pi}{4}U^2 \quad \Rightarrow \quad U = \sqrt{\frac{0.4}{\pi}}$
4. $S_t = U \times 1.0 = 1.0 \times \sqrt{\frac{0.4}{\pi}}\,m$

따라서 5년 후 압밀침하량은 약 $0.357m$이다.

NoteBase

선지 판단

① X. $0.5 \times \sqrt{0.1/\pi}$는 최종침하량 $1.0m$를 $0.5m$로 잘못 적용했고, $T_v = \pi U^2/4$를 풀 때 필요한 4도 반영하지 못한 식이다. 틀린 표현 → $1.0 \times \sqrt{0.4/\pi}$이다.
② X. $\sqrt{0.4/\pi}$로 평균압밀도는 맞게 구했지만, 앞의 0.5는 최종 압밀침하량과 다르다. 틀린 표현 → 최종침하량은 $0.5m$가 아니라 $1.0m$이다.
③ X. 최종침하량을 $1.0m$로 쓴 점은 맞지만, $\sqrt{0.2/\pi}$는 평균압밀도를 잘못 구한 값이다. 틀린 표현 → $T_v = \pi U^2/4$에서 $U = \sqrt{4T_v/\pi} = \sqrt{0.4/\pi}$이다.
④ O. 양면배수에 따른 $T_v = 0.1$, 평균압밀도 $U = \sqrt{0.4/\pi}$, 최종침하량 $1.0m$를 모두 반영한 $1.0 \times \sqrt{0.4/\pi}$가 맞다.

오답 포인트

①과 ②는 최종 압밀침하량 $1.0m$ 대신 $0.5m$를 곱하게 만드는 함정이다. ③은 $T_v = \pi U^2/4$를 U에 관해 정리할 때 4를 빠뜨려 $0.2/\pi$를 만드는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

압밀 침하 계산에서는 먼저 배수조건으로 H_{dr}를 정하고, $T_v = C_v t/H_{dr}^2$를 계산한다. 다음으로 주어진 T_v-U 관계식에서 U를 구한 뒤 $S_t = US_f$를 적용한다.

암기 포인트

양면배수의 배수거리는 층두께의 절반이며, $T_v = \pi U^2/4$이면 $U = \sqrt{4T_v/\pi}$이다.

NoteBase

문 10. 도로건설현장에서 10 %의 함수비와 50 %의 포화도 상태에서 상대밀도 90 %로 다져진 노반 지반 시료의 최대간극비는 0.8로 측정되었다. 이 현장 시료의 최소간극비와 가장 가까운 값은? (단, 토립자의 비중은 2.6이다)

① 0.29

② 0.39

③ 0.49

④ 0.59

정답 3번

출제 포인트

함수비와 포화도의 관계로 현장 상태의 간극비를 구한 뒤, 상대밀도 식으로 최소간극비를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $w = 0.10$, $S_r = 0.50$, $D_r = 0.90$, $e_{max} = 0.80$, $G_s = 2.6$이다. 먼저 현장 상태 간극비 e를 구하고, 그 값을 상대밀도 식에 대입하여 e_{min}을 구한다.

사용할 공식

함수비·포화도·간극비의 관계는 $w = \frac{S_r e}{G_s}$이므로 $e = \frac{wG_s}{S_r}$이다. 상대밀도는 $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$이다. 주어진 함수비와 포화도는 현장 상태의 간극비를 정하는 조건이고, 상대밀도는 그 간극비가 최대·최소간극비 사이에서 차지하는 위치를 나타내므로 이 두 식을 차례로 사용한다.

계산 과정

1. 현장 상태 간극비는 $e = \frac{0.10 \times 2.6}{0.50} = 0.52$이다.
2. 상대밀도 식에 대입하면 $0.90 = \frac{0.80 - 0.52}{0.80 - e_{min}}$이다.
3. 따라서 $0.80 - e_{min} = \frac{0.28}{0.90} = 0.3111$이고, $e_{min} = 0.80 - 0.3111 = 0.4889$이다. 즉 최소간극비는 약 0.49이다.

NoteBase

선지 판단

① X: '최소간극비가 0.29이다'는 계산값과 다르다. 틀린 표현은 '0.29'이며, 올바르게는 최소간극비가 약 0.49이다.
② X: '최소간극비가 0.39이다'는 계산값과 다르다. 틀린 표현은 '0.39'이며, 올바르게는 최소간극비가 약 0.49이다.
③ O: 최소간극비는 $e_{min} = 0.4889$이므로 가장 가까운 값은 0.49이다.
④ X: '최소간극비가 0.59이다'는 계산값과 다르다. 틀린 표현은 '0.59'이며, 올바르게는 최소간극비가 약 0.49이다.

오답 포인트

함수비 관계식에서 S_r와 G_s의 위치를 뒤바꾸거나, 상대밀도 식의 분모 $e_{max} - e_{min}$을 반대로 놓으면 최소간극비가 크게 달라진다. 또한 e는 먼저 현장 상태 값 0.52를 구한 뒤 상대밀도 식에 넣어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

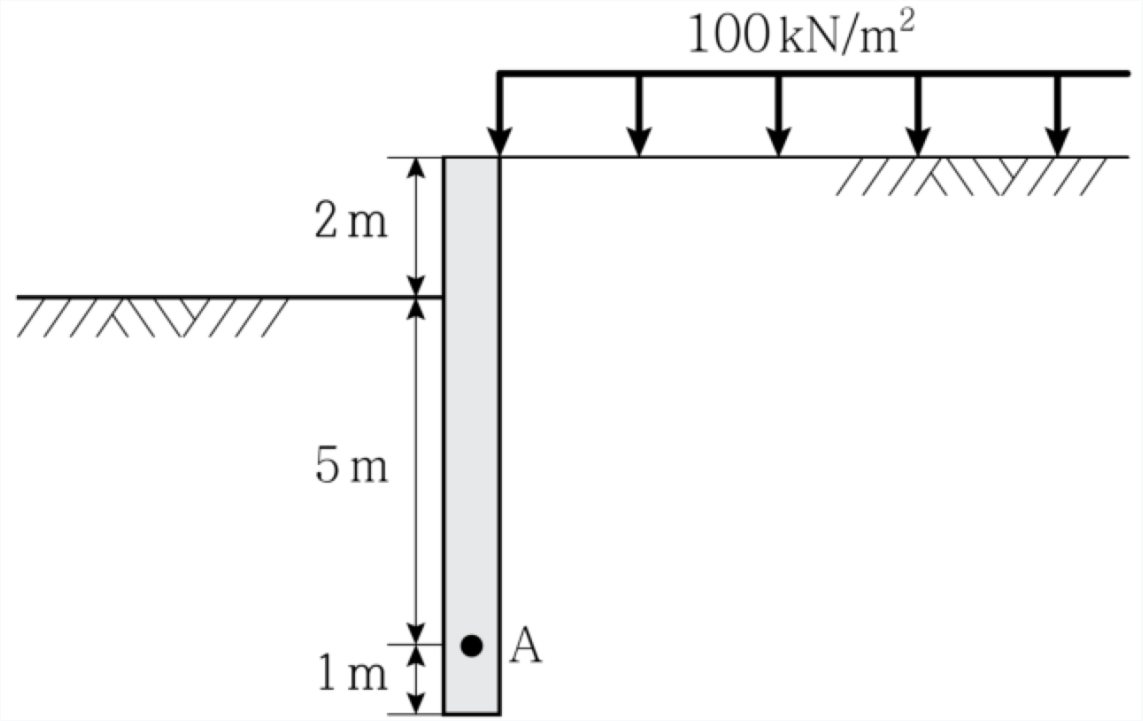
함수비와 포화도가 함께 주어지면 먼저 $e = \frac{wG_s}{S_r}$로 현장 간극비를 구한다. 이어서 $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$에 그 값을 대입해 미지의 최소간극비를 푼다.

암기 포인트

함수비·포화도에서 $e = \frac{wG_s}{S_r}$, 상대밀도에서는 $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$이다.

NoteBase

문 11. 습윤단위중량은 16kN/m^3, 점착력은 10kN/m^2, 주동토압계수는 0.25인 지반에 8m의 강성 옹벽을 설치한 후, 그림과 같이 2m 깊이로 굴착하였다. A점 배면(옹벽의 오른쪽)에 작용하는 주동토압[kN/m^2]은? (단, Rankine 토압이론을 적용하고, 인장균열은 발생하지 않는 것으로 가정한다)



① 18

② 43

③ 53

④ 63

정답 2번

출제 포인트

Rankine 토압이론에서 등분포 상재하중을 받는 점착성 토의 한 점에서 주동토압을 구하는 문제이다.

조건 정리

A점의 뒤채움 지표면으로부터 깊이는 $2+5=7m$이다.

$\gamma=16kN/m^3$, $c=10kN/m^2$, $K_a=0.25$, $q=100kN/m^2$이다.

A점의 연직응력은 자중응력과 상재하중을 합산한다.

NoteBase

사용할 공식

점착성 토의 Rankine 주동토압은 $\sigma_a = K_a\sigma_v - 2c\sqrt{K_a}$이다.
점착력은 토립자 사이의 결합으로 주동토압을 감소시키므로 $2c\sqrt{K_a}$ 항은 빼 준다.

계산 과정

$\sqrt{K_a} = \sqrt{0.25} = 0.5$이다.
$\sigma_v = \gamma z + q = 16 \times 7 + 100 = 212 kN/m^2$
$\sigma_a = 0.25 \times 212 - 2 \times 10 \times 0.5 = 53 - 10 = 43 kN/m^2$
따라서 A점 배면에 작용하는 주동토압은 $43 kN/m^2$이다.

선지 판단

① X: $18 kN/m^2$는 상재하중 $q = 100 kN/m^2$를 빼고 $K_a\gamma z - 2c\sqrt{K_a}$만 계산한 값이다. 틀린 값 $18 kN/m^2$ → 올바르게는 상재하중을 포함한 $43 kN/m^2$이다.
② O: 자중응력과 상재하중을 합산하고 점착력 감소항을 적용하면 $43 kN/m^2$가 된다.
③ X: $53 kN/m^2$는 $K_a\sigma_v$만 계산하여 점착력 감소항 $2c\sqrt{K_a} = 10 kN/m^2$를 누락한 값이다. 틀린 값 $53 kN/m^2$ → 올바르게는 $43 kN/m^2$이다.
④ X: $63 kN/m^2$는 점착력 항을 더한 값이다. 틀린 계산 $K_a\sigma_v + 2c\sqrt{K_a}$ → 올바르게는 점착력 항을 빼는 $K_a\sigma_v - 2c\sqrt{K_a}$이므로 $43 kN/m^2$이다.

오답 포인트

①은 등분포 상재하중을 누락한 함정이고, ③은 점착력 효과를 무시한 함정이다. ④처럼 점착력 항의 부호를 반대로 쓰지 않도록 주동토압식의 감산항을 확인한다.

다시 나오면 이렇게 판단

점착성 토의 한 점 토압은 먼저 뒤채움 지표면부터의 깊이로 $\sigma_v = \gamma z + q$를 구하고, 이어 $K_a\sigma_v - 2c\sqrt{K_a}$를 적용하여 판단한다.

암기 포인트

점착력은 주동토압을 줄인다: $K_a\sigma_v - 2c\sqrt{K_a}$이다.

NoteBase

문 12. 100kN**의 집중하중이 지표면에 작용할 때 하중 작용점 직하부** 2m **지점에서의 연직응력**[kN/m^2]**은? (단, 지하수위는 지표면** 5m **아래에 있고, 흙의 습윤단위중량은** 18kN/m^3**,** π**는 3으로 가정하고, Boussinesq식을 이용한다)**

① 12.5

② 30.5

③ 48.5

④ 66.5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 지표면 집중하중에 대한 Boussinesq식으로 하중 증가 연직응력을 구한 뒤, 해당 깊이의 자중응력에 더하여 연직응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 집중하중은 $Q = 100kN$, 깊이는 $z = 2m$이다. 지하수위는 지표면 아래 $5m$이므로 깊이 $2m$ 지점은 지하수위 위에 있다. 따라서 이 지점의 자중응력은 습윤단위중량 $\gamma = 18kN/m^3$을 사용한다.

사용할 공식

하중 작용점 직하부에서는 $r = 0$이므로 Boussinesq식은 $\Delta\sigma_z = \frac{3Q}{2\pi z^2}$이다. 이는 표면 집중하중이 깊이 z의 직하부에 만드는 연직응력 증가분을 구하는 식이다. 전체 연직응력은 자중응력과 이 증가분의 합으로 구한다.

계산 과정

1. 하중에 의한 증가 연직응력은 $\Delta\sigma_z = \frac{3 \times 100}{2 \times 3 \times 2^2} = 12.5kN/m^2$이다.
2. 깊이 $2m$에서의 자중응력은 $\sigma_{v0} = 18 \times 2 = 36kN/m^2$이다.
3. 따라서 연직응력은 $\sigma_v = \sigma_{v0} + \Delta\sigma_z = 36 + 12.5 = 48.5kN/m^2$이다.

선지 판단

① X. $12.5kN/m^2$은 집중하중으로 인한 증가 연직응력 $\Delta\sigma_z$일 뿐 자중응력을 포함한 연직응력이 아니다. 틀린 표현인 '연직응력'은 '하중에 의한 증가 연직응력'으로 고쳐야 한다.
② X. $30.5kN/m^2$은 자중응력 $36kN/m^2$과 증가응력 $12.5kN/m^2$을 합한 값이 아니다. 올바른 연직응력은 $48.5kN/m^2$이다.
③ O. 자중응력 $36kN/m^2$에 집중하중 증가분 $12.5kN/m^2$을 더하면 $48.5kN/m^2$이 된다.
④ X. $66.5kN/m^2$은 계산된 자중응력과 증가응력의 합보다 크다. 올바른 값은 $48.5kN/m^2$이다.
계산 결과가 $48.5kN/m^2$이므로 정답은 3번이다.

NoteBase

오답 포인트

①의 $12.5kN/m^2$처럼 Boussinesq식의 결과를 전체 연직응력으로 바로 쓰는 점이 함정이다. 이 식의 결과는 집중하중에 따른 증가분이므로, 지하수위 위에서 구한 기존 자중응력 $36kN/m^2$을 더해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

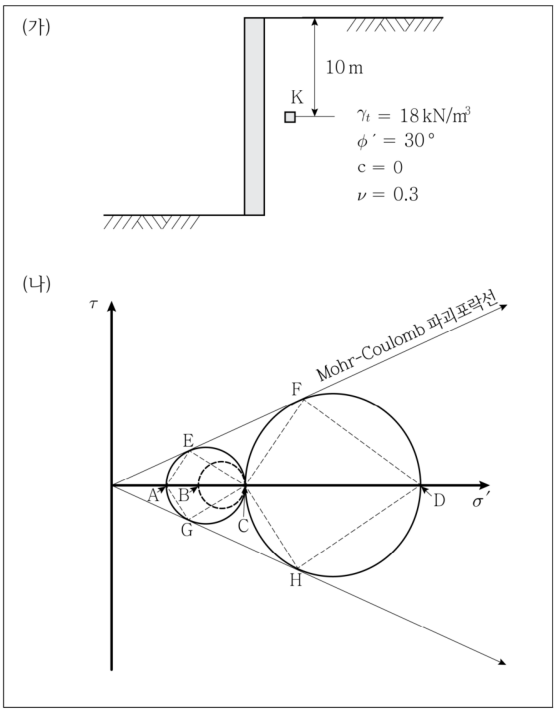
집중하중 문제에서는 먼저 Boussinesq식으로 $\Delta\sigma_z$를 구하고, 질문이 증가응력인지 전체 연직응력인지 구분한다. 전체 연직응력이라면 지하수위와 깊이를 확인하여 해당 층의 자중응력을 더한다.

암기 포인트

직하부 집중하중은 $\Delta\sigma_z = \frac{3Q}{2\pi z^2}$, 전체 연직응력은 '자중응력 + 증가응력'이다.

NoteBase

문 13. 그림 (가)의 K점에 옹벽의 변위 양상에 따라 다르게 작용하는 정지토압, 주동토압, 수동토압 상태를 그림 (나)에 3개의 Mohr 원으로 나타내었다. 다음 중 옳은 것만을 모두 고르면? (단, Rankine 토압이론을 적용하고, 정지토압은 Jaky식을 사용한다)



ㄱ. K점에 작용하는 연직응력은 C점180kN/m^2, 정지토압은 B점77.1kN/m^2이다.

ㄴ. K점에 작용하는 주동토압은 A점60kN/m^2, 수동토압은 D점540kN/m^2이다.

ㄷ. 주동 파괴면은 AE 방향이고, 수동 파괴면은 CF 방향이다.

ㄹ. 수동상태로 파괴가 일어날 때 발생하는 옹벽의 변위는 주동상태로 파괴가 일어날 때 발생하는 옹벽의 변위보다 크다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄱ, ㄹ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄴ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 Rankine 토압계수와 Jaky 정지토압계수를 적용하여 K점의 주동·정지·수동토압을 구하고, Mohr 원에서 파괴면 방향과 벽체 변위의 크기를 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

K점의 깊이는 $z = 10\text{m}$, 흙의 단위중량은 $\gamma_t = 18\text{kN/m}^3$, 내부마찰각은 $\phi' = 30^\circ$, 점착력은 $c = 0$이다. 수직응력은 $\sigma_v = \gamma_t z = 18 \times 10 = 180\text{kN/m}^2$이므로 Mohr 원에서 C점에 해당한다.

사용할 공식

Rankine 토압계수는 $K_a = (1 - \sin\phi')/(1 + \sin\phi')$, $K_p = (1 + \sin\phi')/(1 - \sin\phi')$이다. 정지토압은 문제에서 지정한 Jaky식 $K_0 = 1 - \sin\phi'$를 사용한다.
수평토압은 각각 $\sigma_{h,a} = K_a\sigma_v$, $\sigma_{h,0} = K_0\sigma_v$, $\sigma_{h,p} = K_p\sigma_v$로 구한다. 흙이 수평이고 벽면이 수직인 Rankine 조건이므로 이 식들을 적용한다.

계산 과정

1. $\sin 30^\circ = 0.5$이므로 $K_a = (1 - 0.5)/(1 + 0.5) = 1/3$, $K_p = 3$, $K_0 = 1 - 0.5 = 0.5$이다.
2. 주동토압은 $\sigma_{h,a} = (1/3) \times 180 = 60\text{kN/m}^2$이므로 A점이다. 수동토압은 $\sigma_{h,p} = 3 \times 180 = 540\text{kN/m}^2$이므로 D점이다.
3. 정지토압은 $\sigma_{h,0} = 0.5 \times 180 = 90\text{kN/m}^2$이다. 77.1kN/m^2은 $K_0 = \nu/(1 - \nu) = 0.3/0.7$을 쓴 값으로, 이 문제의 Jaky식 적용값이 아니다.

선지 판단

① X: ㄱ은 정지토압을 B점 77.1kN/m^2로 판단한 것이 틀리다. 수직응력 C점 180kN/m^2은 맞지만, Jaky식에 따른 정지토압은 90kN/m^2이다. 따라서 'B점 77.1kN/m^2' → '90kN/m^2'로 고쳐야 하며, 선택 조합 'ㄱ, ㄴ' → 'ㄴ, ㄹ'로 바뀐다.
② X: ㄱ이 틀리므로 ㄱ, ㄹ의 조합도 틀리다. ㄹ은 맞지만 ㄱ을 포함하는 것이 잘못이며, 선택 조합 'ㄱ, ㄹ' → 'ㄴ, ㄹ'로 고쳐야 한다.
③ X: ㄴ은 맞지만 ㄷ이 틀리다. 주동 상태의 파괴면은 AE 방향으로 볼 수 있으나, 수동 상태의 파괴면은 CF 방향이 아니라 DF 방향이다. 따라서 '수동 파괴면은 CF 방향' → '수동 파괴면은 DF 방향'으로 고쳐야 하며, 선택 조합 'ㄴ, ㄷ' → 'ㄴ, ㄹ'로 바뀐다.
④ O: ㄴ에서 주동토압 A점 60kN/m^2, 수동토압 D점 540kN/m^2은 계산값과 일치한다. ㄹ도 수동상태 동원에는 주동상태 동원보다 더 큰 벽체 변위가 필요하므로 옳다.

오답 포인트

정지토압계수에 $\nu/(1 - \nu)$를 기계적으로 적용하면 B점 77.1kN/m^2이 나오지만, 문제는 Jaky식을 사용한다고 명시하였다. 또한 수동 파괴면은 주동 파괴면과 같은 방향으로 판단하지 않으며, 그림에서 CF가 아니라 DF 방향으로 구분한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

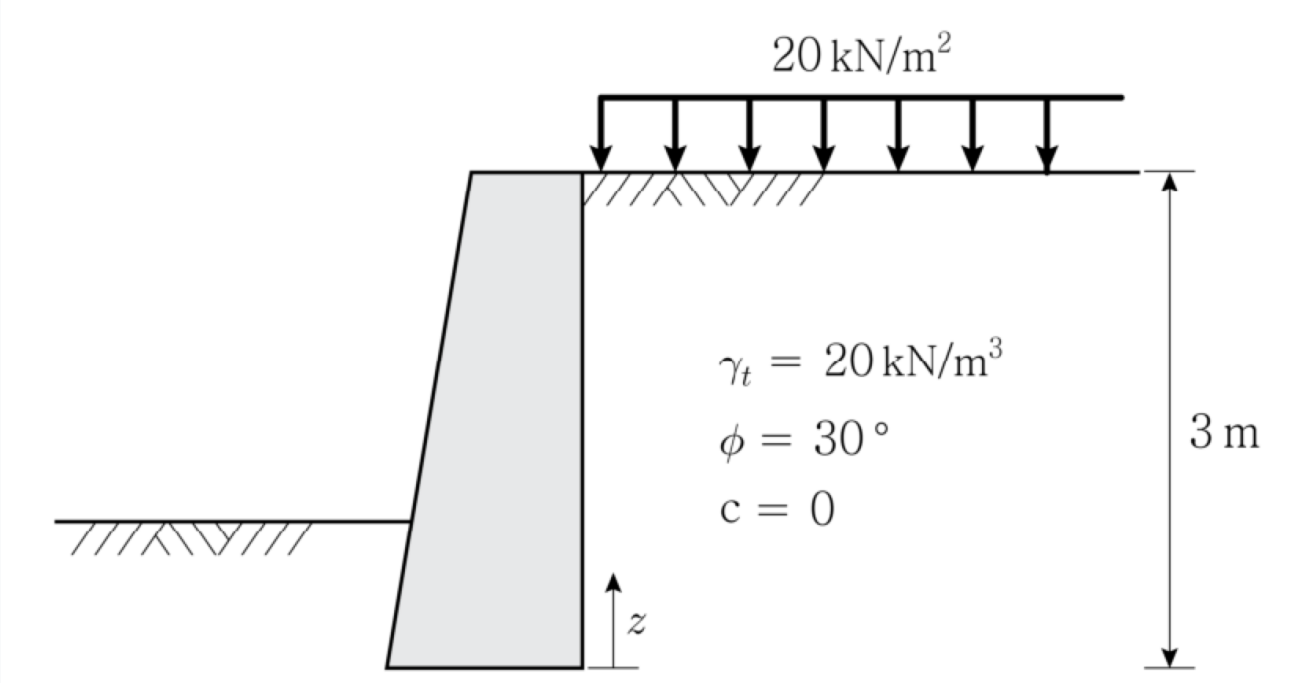
먼저 $\sigma_v = \gamma z$를 구한 뒤, 문제에서 지정한 정지토압계수 식을 확인한다. 이어서 K_a, K_0, K_p의 순서로 수평응력을 계산하고 Mohr 원의 양 끝점과 대조한다. 마지막으로 수동상태는 주동상태보다 더 큰 벽체 변위를 필요로 한다는 점과 파괴면 방향을 분리하여 판단한다.

암기 포인트

$\phi' = 30\,^\circ$이면 $K_a = 1/3$, $K_0 = 1/2$, $K_p = 3$이다. 주동은 작은 토압·작은 변위, 수동은 큰 토압·큰 변위이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같은 옹벽에 작용하는 Rankine 주동토압의 합력[kN/m]과 합력의 작용위치[m]는? (단, 수동토압은 무시하고, 작용위치는 옹벽 최하단부로부터 z 방향으로 산정한다)



① 주동토압의 합력: 30, 작용위치: 1.2

② 주동토압의 합력: 30, 작용위치: 1.5

③ 주동토압의 합력: 50, 작용위치: 1.2

④ 주동토압의 합력: 50, 작용위치: 1.5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 Rankine 주동토압계수와 상재하중에 의한 직사각형 토압, 흙자중에 의한 삼각형 토압을 합성하여 합력과 작용위치를 구하는 문제이다.

조건 정리

벽 높이는 $H = 3m$, 흙의 단위중량은 $\gamma_t = 20kN/m^3$, 내부마찰각은 $\phi = 30\,^\circ$, 상재하중은 $q = 20kN/m^2$이다. 점착력과 수동토압은 무시한다.

사용할 공식

Rankine 주동토압계수는 $K_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$이다. 상재하중 토압은 깊이와 무관한 $K_a q$의 직사각형 분포이고, 흙자중 토압은 $K_a \gamma_t z$의 삼각형 분포이다. 수평 뒷채움과 수직 벽의 Rankine 주동상태이므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. $\phi = 30\,^\circ$이므로 K_a=(1-0.5)/(1+0.5)=13이다.
2. 상재하중에 의한 합력은 P_q=K_aqH=13×20 kN/m^2×3 m=20 kN/m이고, 작용점은 최하단에서 $H/2 = 1.5m$이다.
3. 흙자중에 의한 합력은 P_γ=12K_a_tH^2=12×13×20 kN/m^3×(3 m)^2=30 kN/m이고, 작용점은 최하단에서 $H/3 = 1.0m$이다.
4. 전체 합력은 $P_a = P_q + P_\gamma = 20 + 30 = 50kN/m$이다. 최하단 기준 모멘트로 작용위치를 구하면 $z = \frac{20kN/m \times 1.5m + 30kN/m \times 1.0m}{50kN/m} = 1.2m$이다.

선지 판단

① X. 주동토압 합력은 $30kN/m$이 아니라 상재하중분 $20kN/m$과 흙자중분 $30kN/m$을 합한 $50kN/m$이다. 틀린 표현 '30' → 올바르게는 '50'이다. 작용위치 $1.2m$는 전체 합성토압에 대한 값이다.
② X. 합력 $30kN/m$은 상재하중에 의한 토압을 누락한 값이다. 틀린 표현 '30' → 올바르게는 '50'이다. 또한 $1.5m$는 직사각형인 상재하중 토압만의 작용점이며, 삼각형 흙자중 토압까지 합성한 작용점은 $1.2m$이다.
③ O. 주동토압 합력은 $50kN/m$, 옹벽 최하단에서의 작용위치는 $1.2m$이므로 옳다.
④ X. 합력 $50kN/m$은 옳지만, 작용위치를 $1.5m$로 한 것은 직사각형 상재하중 토압만 고려한 것이다. 틀린 표현 '1.5' → 올바르게는 '1.2'이다.

오답 포인트

상재하중 토압은 직사각형 분포라 최하단에서 $1.5m$에 작용하지만, 흙자중 토압은 삼각형 분포라 $1.0m$에 작용한다. ④처럼 두 토압의 합력은 구하고도 작용위치를 직사각형 분포의 값으로 처리하는 실수가 자주 발생한다.

다시 나오면 이렇게 판단

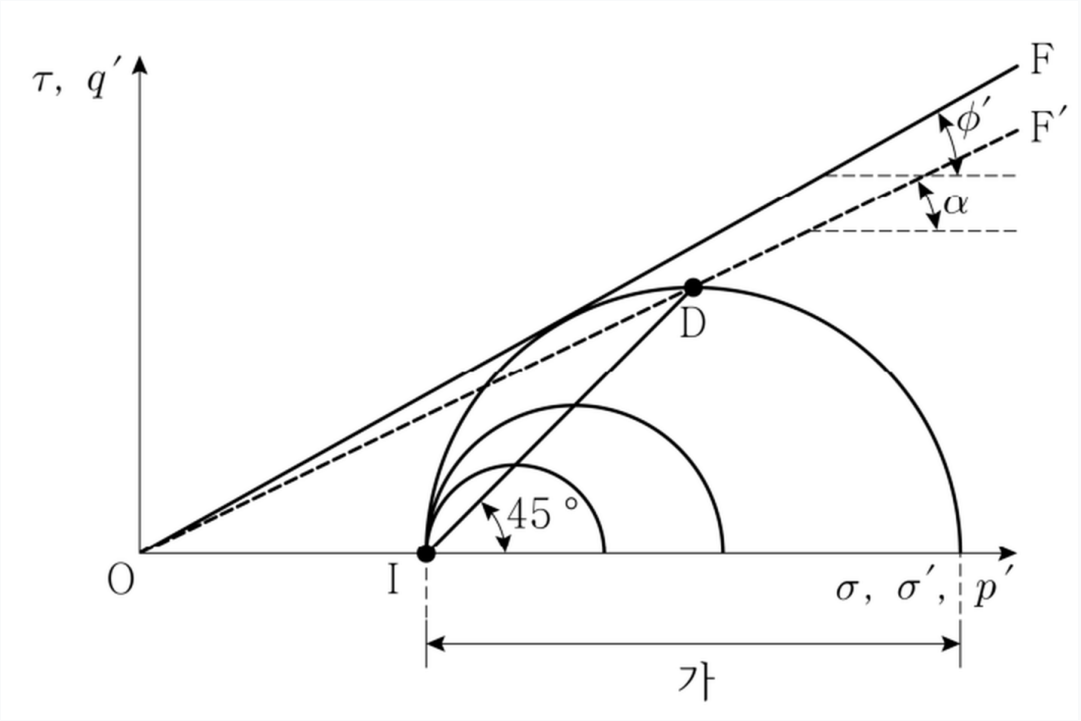
상재하중이 있으면 전체 토압도를 직사각형과 삼각형으로 분리한다. 각 도형의 면적으로 합력을 구한 뒤, 최하단에 대한 모멘트를 합산하여 합력의 작용위치를 산정한다.

암기 포인트

등분포 상재하중 토압은 $H/2$, 흙자중 주동토압은 $H/3$ 지점에 작용하며, 둘이 함께 있으면 모멘트로 합성한다.

NoteBase

문 15. 삼축압축시험 과정을 응력경로(stress path)로 표현할 수 있다. 다음 그림은 정규압밀점토 시료에 대한 등방압밀 배수삼축압축시험(CD 시험) 결과를 나타낸 것이다. 이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 시료의 배압은 무시한다)



① 등방압밀 완료 시의 응력상태는 I점이다.

② 선 ID는 $p' - q'$ 응력경로를 표시한 것이다.

③ 점선 OF′은 $p' - q'$로 표시되는 파괴기준이며, $q' = p'\tan\alpha$로 표현된다. 이때 $\tan\phi' = \sin\alpha$이다.

④ 파괴 시 축차응력의 크기는 '가'이다.

정답 3번

출제 포인트

등방압밀 후 배수삼축압축 과정에서의 $p' - q'$ 응력경로와 Mohr-Coulomb 파괴선의 변환 관계를 판단하는 문제이다.

조건 정리

유효주응력으로 $p' = (\sigma_1' + \sigma_3')/2$, $q' = (\sigma_1' - \sigma_3')/2$이다. 등방압밀이 끝나면 $\sigma_1' = \sigma_3'$이므로 $q' = 0$인 I점에 놓인다. 이후 CD 삼축압축에서는 σ_3'를 일정하게 두고 σ_1'을 증가시키므로 $dp' = dq'$가 되어 경로 ID의 기울기는 45°이다.

NoteBase

사용할 공식

점선 OF'로 나타낸 $p'-q'$ 평면의 파괴선은 $q'=p'\tan\alpha=p'\sin\phi'$이다. 따라서 $\tan\alpha=\sin\phi'$가 성립한다. 한편 $\tau-\sigma'$ 평면의 파괴선은 $\tau=\sigma'\tan\phi'$이다. 같은 파괴상태를 두 응력평면에서 표현하므로 ϕ'와 α의 관계를 이 식으로 구분한다.

계산 과정

1. 등방압밀 상태에서는 $\sigma_1'=\sigma_3'$이므로 Mohr원은 한 점이 되어 I점에 해당한다.
2. 배수삼축압축 중에는 σ_3'가 일정하여 $dp'=dq'$이고, 따라서 I에서 D로 향하는 $p'-q'$ 경로는 45° 직선이다.
3. 파괴점 D에서 Mohr원의 지름은 $\sigma_1'-\sigma_3'=2q'_f$이며, 그림의 수평 길이 '가'가 이 축차응력이다.
4. $p'-q'$ 파괴선의 기울기는 $\tan\alpha$이고 $\sin\phi'$와 같으므로, $\tan\phi'=\sin\alpha$로 바꾸어 쓰면 안 된다.

선지 판단

① O. 등방압밀 완료 시에는 모든 방향의 유효응력이 같아 $q'=0$이고, 그림의 I점이 그 응력상태이다.
② O. σ_3' 일정 조건의 삼축압축에서는 $dp'=dq'$이므로 선 ID는 $p'-q'$ 평면에서 45°로 진행하는 응력경로이다.
③ X. 점선 OF'는 $p'-q'$ 파괴기준이고 $q'=p'\tan\alpha$는 맞다. 그러나 '$\tan\phi'=\sin\alpha$'가 틀린 표현이다. 올바르게는 $\tan\alpha=\sin\phi'$이며, 따라서 $q'=p'\sin\phi'$로도 쓴다.
④ O. 파괴 시 Mohr원의 지름은 $\sigma_1'-\sigma_3'$이고, 그림에서 I부터 원의 오른쪽 끝까지의 길이 '가'가 그 축차응력이다.

오답 포인트

③은 ϕ'와 α를 서로 뒤바꾸게 만든 선지이다. $\tan\phi'$는 $\tau-\sigma'$ 평면의 파괴선 기울기이고, $\tan\alpha$는 $p'-q'$ 평면 파괴선 기울기이므로 두 식을 같은 형태로 바꾸면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

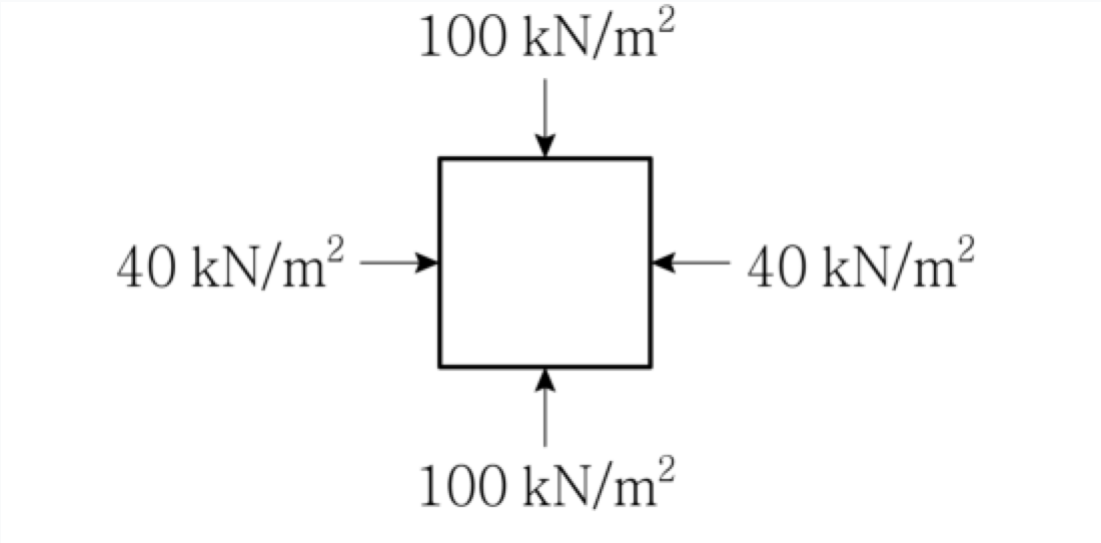
먼저 응력평면을 구분한다. $\tau-\sigma'$ 평면에서는 $\tau=\sigma'\tan\phi'$를, $p'-q'$ 평면에서는 $q'=p'\sin\phi'=p'\tan\alpha$를 적용한다. 이어서 삼축압축에서 σ_3' 일정이면 $dp'=dq'$인지와 Mohr원 지름이 $\sigma_1'-\sigma_3'$인지 확인한다.

암기 포인트

$\tau-\sigma'$: $\tan\phi'$, $p'-q'$: $\sin\phi'=\tan\alpha$, 축차응력: $\sigma_1'-\sigma_3'=2q'$이다.

NoteBase

문 16. 같은 지반에서 a, b, c 3개의 시료를 채취하였다. 시료 a에 등방하중 $100kN/m^2$을 가했더니 과잉간극수압 $90kN/m^2$이 발생하였다. 시료 b에 일축압축하중 $100kN/m^2$을 가했더니 과잉간극수압 $72kN/m^2$이 발생하였다. 시료 c에 그림과 같이 삼축압축하중을 가했을 때 발생하는 과잉간극수압 $[kN/m^2]$은? (단, a, b, c 3개의 시료는 동일하며, 시험 시에 물이 빠져나가지 못하도록 밀폐한 후 실시하였다)



① 64.8

② 79.2

③ 82.8

④ 88.2

정답 2번

출제 포인트

비배수 삼축시험에서 Skempton의 간극수압계수 A, B를 구한 뒤, 축차응력과 구속압이 함께 작용할 때의 과잉간극수압을 계산하는 문제이다.

조건 정리

시료 a의 등방하중은 $\Delta\sigma_1 = \Delta\sigma_3 = 100kN/m^2$이고, 이때 $\Delta u = 90kN/m^2$이다. 시료 b의 일축압축은 $\Delta\sigma_1 = 100kN/m^2$, $\Delta\sigma_3 = 0$이고, 이때 $\Delta u = 72kN/m^2$이다. 시료 c는 $\Delta\sigma_1 = 100kN/m^2$, $\Delta\sigma_3 = 40kN/m^2$의 삼축압축 상태이다.

NoteBase

사용할 공식

비배수 하중에 대한 과잉간극수압은 $\Delta u = B[\Delta\sigma_3 + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)]$로 계산한다. B는 등방응력 증가에 의한 간극수압 반응을, A는 축차응력 증가에 의한 간극수압 반응을 나타내므로, 구속압과 축하중이 함께 작용하는 시료 c에 이 식을 사용한다.

계산 과정

1. 시료 a에서 $90 = B \times 100$이므로 $B = 0.9$이다.
2. 시료 b에서 $72 = BA \times 100 = 0.9A \times 100$이므로 $A = 0.8$이다.
3. 시료 c에 대입하면 $\Delta u = 0.9[40 + 0.8(100 - 40)] = 0.9(88) = 79.2kN/m^2$이다.

선지 판단

① X. 계산값은 64.8이 아니라 $79.2kN/m^2$이다. 틀린 표현 '64.8' → 올바르게는 '$79.2kN/m^2$'이다.
② O. $B = 0.9$, $A = 0.8$, $\Delta\sigma_1 = 100kN/m^2$, $\Delta\sigma_3 = 40kN/m^2$를 적용한 과잉간극수압은 $79.2kN/m^2$이다.
③ X. 계산값은 82.8이 아니라 $79.2kN/m^2$이다. 틀린 표현 '82.8' → 올바르게는 '$79.2kN/m^2$'이다.
④ X. 계산값은 88.2가 아니라 $79.2kN/m^2$이다. 틀린 표현 '88.2' → 올바르게는 '$79.2kN/m^2$'이다.

오답 포인트

시료 c의 $40kN/m^2$ 구속압을 축차응력 $100 - 40 = 60kN/m^2$과 구분하지 않으면 오답이 된다. 식의 첫 항 $\Delta\sigma_3$에는 B만, 축차응력 항에는 BA가 곱해진다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 등방하중 자료로 B를 구하고, 일축압축 자료로 BA 또는 A를 구한다. 이어 삼축 상태에서는 $\Delta\sigma_3$와 $\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3$를 각각 식에 대입해 단위를 검산한다.

암기 포인트

Skempton 식은 '구속압은 B, 축차응력은 BA'로 구분한다.

NoteBase

문 17. 사면 안정성 검토에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 암반사면의 주요 파괴형태는 원형파괴, 평면파괴, 쐐기파괴, 토플링 파괴가 있다.

② 암반사면의 안정성 해석은 파괴형태에 상관없이 연속체역학을 근간으로 하는 응력해석으로 검토한다.

③ 수중에 있는 사질토 무한사면의 안전율은 사면의 경사와 흙의 내부마찰각에 영향을 받는다.

④ 무한사면의 활동에 대한 안전율은 지하수위가 지표면과 일치할 때보다 수중에 완전히 잠겨 있을 때가 더 크다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 암반사면의 대표적 파괴형태와 사질토 무한사면에서 물의 상태에 따른 안전율을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

암반사면은 절리·층리 등 불연속면의 방향과 결합 상태가 파괴를 지배하며, 대표적인 파괴형태에는 원형파괴, 평면파괴, 쐐기파괴, 토플링파괴가 있다.
사질토 무한사면은 점착력이 거의 없으므로 사면경사와 흙의 내부마찰각이 안전율을 좌우한다. 수중에 완전히 잠긴 경우에는 외부 수압이 작용하여 침투수에 의한 불리한 효과가 줄어든다.

선지별 해설

① O. 암반사면에서 검토하는 주요 파괴형태로 원형파괴, 평면파괴, 쐐기파괴, 토플링파괴를 들 수 있다. 특히 평면·쐐기·토플링파괴는 불연속면의 기하학적 조건과 밀접하다.

② X. 틀린 표현은 '파괴형태에 상관없이 연속체역학을 근간으로 하는 응력해석으로 검토한다'이다. 암반사면은 불연속면을 따라 파괴가 일어나는 경우가 많으므로, 실제로는 예상 파괴형태와 절리 등의 방향·강도를 반영하여 평면·쐐기·토플링 등 해당 파괴기구에 맞게 안정성을 검토한다.

③ O. 수중의 사질토 무한사면은 점착력이 없으므로 전단강도는 유효응력과 내부마찰각에 의존한다. 따라서 안전율은 사면경사와 흙의 내부마찰각의 관계에 영향을 받는다.

④ O. 지하수위가 지표면과 일치하면 사면 내부의 침투수압이 유효응력을 감소시켜 활동에 불리하다. 반면 사면이 수중에 완전히 잠기면 외부 수압의 지지 효과가 함께 작용하므로, 이 경우의 안전율이 더 크다.

오답 포인트

②는 암반을 균질한 연속체처럼 일률적으로 해석한다는 표현이 함정이다. 암반사면에서는 절리·층리·단층 등 불연속면이 파괴면을 형성하므로, 먼저 가능한 파괴형태를 정하는 과정이 핵심이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

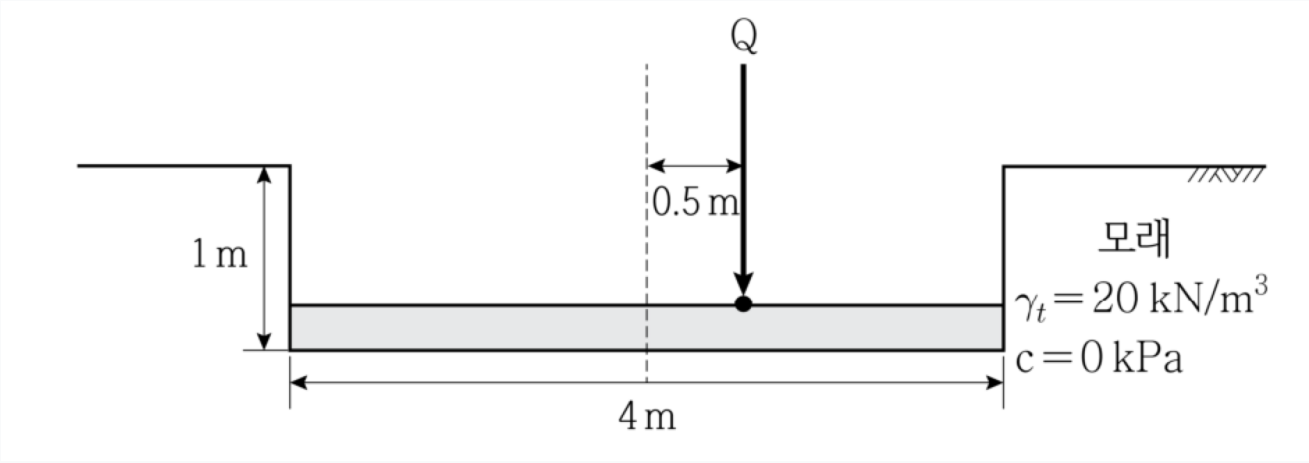
암반사면 선지는 '불연속면과 파괴기구를 고려하는가'를 먼저 확인한다. 사질토 무한사면 선지는 점착력보다 내부마찰각·사면경사 및 물에 따른 유효응력 변화를 기준으로 판단한다.

암기 포인트

암반사면은 불연속면 지배, 사질토 무한사면은 마찰각·경사 지배이다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 폭이 4m인 연속기초를 균질한 모래지반의 지표면 아래 1m 깊이에 설치했다. 기초 중심으로부터 0.5m 지점에 편심하중 Q가 작용할 때, 기초의 단위면적당 극한지지력kN/m^{2}은? (단, 극한하중 재하 시 지반은 전반전단파괴로 발생하는 것으로 가정하고, Meyerhof의 지지력 공식과 유효면적법을 이용하여 지지력을 계산한다. 지지력계수는 $N_c = 30$, $N_q = 18$, $N_\gamma = 22$이고, 형상계수, 깊이계수, 경사하중계수는 모두 1로 가정한다)



① 690

② 800

③ 910

④ 1,020

정답 4번

출제 포인트

편심하중을 받는 연속기초에 유효면적법을 적용한 Meyerhof 극한지지력 계산 문제이다.

조건 정리

기초폭은 $B = 4m$, 편심은 $e = 0.5m$, 근입깊이는 $D_f = 1m$이다. 모래지반이므로 $c = 0$이고, $\gamma = 20kN/m^3$, $N_q = 18$, $N_\gamma = 22$이다. 형상·깊이·경사하중계수는 모두 1이므로 별도의 계수 곱은 없다.

사용할 공식

유효폭은 $B' = B - 2e$이고, 연속기초의 Meyerhof 식은 $q_u = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2}\gamma B' N_\gamma$이다. 편심하중에서는 실제 폭 B 대신 유효폭 B'를 사용하므로 이 식을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 유효폭은 $B' = 4 - 2(0.5) = 3m$이다.
2. 점착력 항은 $c = 0$이므로 $cN_c = 0$이다.
3. 근입깊이 항은 $\gamma D_f N_q = 20 \times 1 \times 18 = 360 kN/m^2$이다.
4. 지반자중 항은 $\frac{1}{2}\gamma B' N_\gamma = \frac{1}{2} \times 20 \times 3 \times 22 = 660 kN/m^2$이다.
5. 따라서 $q_u = 0 + 360 + 660 = 1,020 kN/m^2$이다.

선지 판단

① X: 계산값은 $690 kN/m^2$가 아니라 $1,020 kN/m^2$이다. 틀린 값 690 → 올바르게는 1,020이다.
② X: 계산값은 $800 kN/m^2$가 아니라 $1,020 kN/m^2$이다. 틀린 값 800 → 올바르게는 1,020이다.
③ X: 계산값은 $910 kN/m^2$가 아니라 $1,020 kN/m^2$이다. 틀린 값 910 → 올바르게는 1,020이다.
④ O: 유효폭 $3m$를 적용한 극한지지력은 $1,020 kN/m^2$이므로 옳다.

오답 포인트

편심하중인데 기초폭 $4m$를 그대로 지지력 식의 N_γ 항에 넣는 실수가 핵심 함정이다. 유효면적법에서는 편심 방향 폭을 $B' = B - 2e$로 줄여 계산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

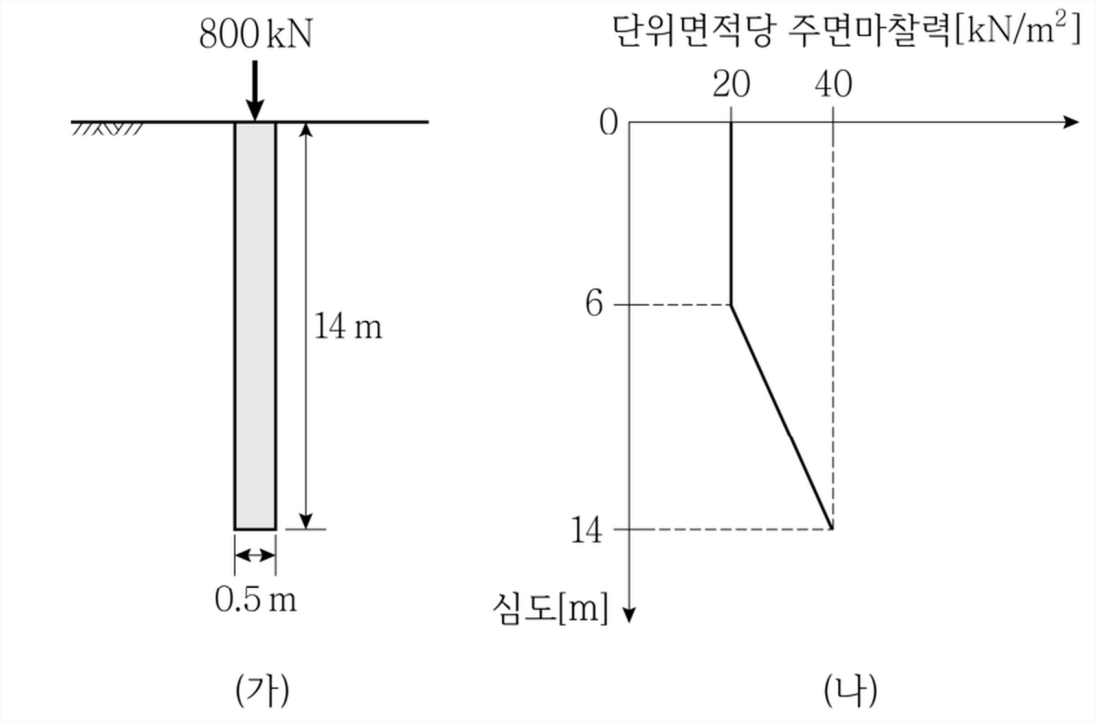
편심하중 문제에서는 먼저 편심 방향의 유효치수 $B' = B - 2e$를 구한 뒤, 점착력 항·근입깊이 항·지반자중 항을 각각 계산하여 더한다. 마지막으로 $c = 0$이면 cN_c 항이 0인지 확인한다.

암기 포인트

편심하중의 유효폭: $B' = B - 2e$. 모래지반에서는 $cN_c = 0$이다.

NoteBase

문 19. 그림 (가)와 같이 말뚝이 800kN의 하중을 지지하고 있을 때, 그림 (나)와 같이 단위면적당 주면마찰력이 분포한다. 이때 말뚝기초의 선단에서 지지하고 있는 하중[kN]의 크기는? (단, 말뚝 단면은 원형이며 π는 3으로 가정한다. 단위면적당 주면마찰력의 한계깊이는 무시한다)



① 260

② 340

③ 440

④ 500

정답 1번

출제 포인트

깊이에 따라 분포하는 단위면적당 주면마찰력을 적분하고, 말뚝 둘레를 곱하여 전체 주면마찰력을 구한 뒤 전체 하중에서 빼는 문제이다.

조건 정리

말뚝 직경은 $0.5m$, 길이는 $14m$, 재하하중은 $800kN$이다. 원형 말뚝의 둘레는 $\pi D = 3 \times 0.5 = 1.5m$이다. 깊이 $0 \sim 6m$에서는 단위면적당 주면마찰력이 $20kN/m^2$로 일정하고, 깊이 $6 \sim 14m$에서는 20에서 $40kN/m^2$까지 선형으로 증가한다.

NoteBase

사용할 공식

전체 주면마찰력은 단위면적당 주면마찰력-깊이 도형의 면적에 말뚝 둘레를 곱하여 구한다.
$Q_s = \left(\int_0^{14} f_s dz\right)\pi D$ 말뚝머리 하중은 주면마찰력과 선단지지력의 합이므로 $Q_b = 800 - Q_s$이다.
주면마찰력의 한계깊이를 무시하므로 그림의 분포 전체를 사용한다.

계산 과정

깊이 $0 \sim 6m$ 구간의 도형 면적은 $20 \times 6 = 120kN/m$이다. 깊이 $6 \sim 14m$ 구간의 사다리꼴 면적은 $\frac{20+40}{2} \times (14-6) = 240kN/m$이다. 따라서 단위 둘레당 주면마찰력은 $120 + 240 = 360kN/m$이고, 전체 주면마찰력은 $Q_s = 360 \times 1.5 = 540kN$이다. 그러므로 선단지지력은 $Q_b = 800 - 540 = 260kN$이다.

선지 판단

① O: 계산한 선단지지력은 $260kN$이므로 옳다.
② X: 선단지지력은 $340kN$이 아니다. 틀린 값 $340kN$ → 올바르게는 $260kN$이다. 전체 하중에서 계산된 주면마찰력 $540kN$을 빼야 한다.
③ X: 선단지지력은 $440kN$이 아니다. 틀린 값 $440kN$ → 올바르게는 $260kN$이다. 주면마찰력 분포의 두 구간 면적과 말뚝 둘레를 모두 반영해야 한다.
④ X: 선단지지력은 $500kN$이 아니다. 틀린 값 $500kN$ → 올바르게는 $260kN$이다. $800kN$은 주면과 선단이 함께 지지하는 전체 하중이므로, 주면마찰력을 공제해야 한다.

오답 포인트

그래프의 세로축만 보고 주면마찰력을 구하면 안 된다. 단위면적당 주면마찰력 분포의 면적에 원형 말뚝의 둘레를 곱해야 실제 주면마찰력이 된다. 특히 깊이 $6 \sim 14m$ 구간은 직사각형이 아니라 사다리꼴로 계산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

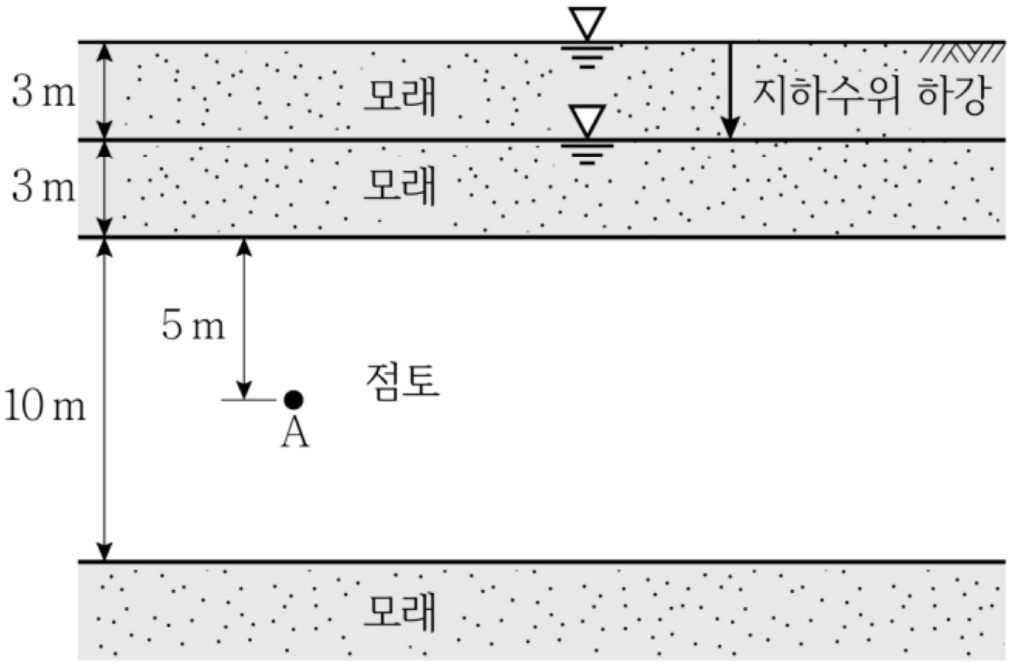
주면마찰력 분포도를 보면 먼저 깊이별 도형 면적을 합산하고, 그 값에 말뚝 둘레를 곱해 Q_s를 구한다. 그 다음 전체 축하중에서 Q_s를 빼서 선단지지력 Q_b를 판단한다.

암기 포인트

주면마찰력은 '분포도 면적 × 말뚝 둘레', 선단지지력은 '전체 하중 − 주면마찰력'이다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 지하수위가 지표면으로부터 3m 하강한 후 충분한 시간이 지났을 때, 지하수위 하강에 따른 A점에서의 유효응력 증가량[kN/m^2]은? (단, 지하수위 하강 후 지하수위 상부 모래층은 부분포화상태이고, 모래층과 점토층의 포화단위중량은 20kN/m^3, 부분포화상태에서 모래층의 습윤단위중량은 18kN/m^3, 물의 단위중량은 10kN/m^{3}이다)



① 6

② 14

③ 24

④ 30

정답 3번

출제 포인트

지하수위 하강 전후의 전체응력과 간극수압을 구하고, 유효응력 원리 $\sigma'_v = \sigma_v - u$를 이용해 A점의 유효응력 증가량을 계산하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

A점의 깊이: 지표면 아래 $3+3+5=11m$
지하수위 하강량: $3m$
포화단위중량: 모래와 점토 모두 $20kN/m^3$
부분포화 모래의 습윤단위중량: $18kN/m^3$
물의 단위중량: $10kN/m^3$
지하수위 하강 후 새 지하수위 위의 $3m$ 모래층만 부분포화상태가 된다.

사용할 공식

$\sigma'_v = \sigma_v - u$
유효응력은 전체응력에서 간극수압을 뺀 값이다. 지하수위가 하강하면 상부 모래의 단위중량 변화로 전체응력이 감소하는 동시에, A점의 압력수두 감소로 간극수압도 감소하므로 두 변화를 모두 반영한다.

계산 과정

1. 하강 전에는 지하수위가 지표면에 있으므로 A점의 전체응력과 간극수압은 다음과 같다.
$\sigma_{v0} = 20 \times (3+3+5) = 220kN/m^2$
$u_0 = 10 \times 11 = 110kN/m^2$
따라서 $\sigma'_{v0} = 220 - 110 = 110kN/m^2$이다.

2. 하강 후에는 상부 $3m$ 모래층의 단위중량이 $18kN/m^3$이 되고, 나머지 $8m$ 구간은 포화단위중량을 적용한다.
$\sigma_{v1} = 18 \times 3 + 20 \times (3+5) = 214kN/m^2$
새 지하수면에서 A점까지의 깊이는 $11 - 3 = 8m$이므로,
$u_1 = 10 \times 8 = 80kN/m^2$
따라서 $\sigma'_{v1} = 214 - 80 = 134kN/m^2$이다.

3. 유효응력 증가량은 다음과 같다.
$\Delta\sigma'_v = 134 - 110 = 24kN/m^2$

NoteBase

선지 판단

① X — $6kN/m^2$은 상부 $3m$ 모래층의 단위중량 감소에 따른 전체응력 감소량 $(20-18)\times 3$의 크기일 뿐이다. 간극수압 감소까지 반영한 유효응력 증가량은 $24kN/m^2$이다.

② X — 하강 후 유효응력 $134kN/m^2$에서 하강 전 유효응력 $110kN/m^2$을 빼면 $24kN/m^2$이므로, $14kN/m^2$가 아니라 $24kN/m^2$이다.

③ O — 전체응력은 $6kN/m^2$ 감소하지만 간극수압은 $30kN/m^2$ 감소하므로 유효응력은 $-6-(-30)=24kN/m^2$ 증가한다.

④ X — $30kN/m^2$은 지하수위가 $3m$ 하강하여 생긴 간극수압 감소량 10×3이다. 전체응력도 $6kN/m^2$ 감소하므로 실제 유효응력 증가량은 $30-6=24kN/m^2$이다.

오답 포인트

①의 $6kN/m^2$은 전체응력 감소량만 계산한 값이고, ④의 $30kN/m^2$은 간극수압 감소량만 계산한 값이다. 지하수위 하강 문제에서는 전체응력과 간극수압이 동시에 변한다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

지하수위 하강 전후에 대해 각각 전체응력 σ_v과 간극수압 u를 계산한 다음, $\sigma'_v=\sigma_v-u$로 유효응력을 구해 두 값의 차이를 판단한다.

암기 포인트

지하수위 하강에 따른 유효응력 증가는 '간극수압 감소량 - 전체응력 감소량'으로 계산한다. 이 문제에서는 $30-6=24kN/m^2$이다.

NoteBase