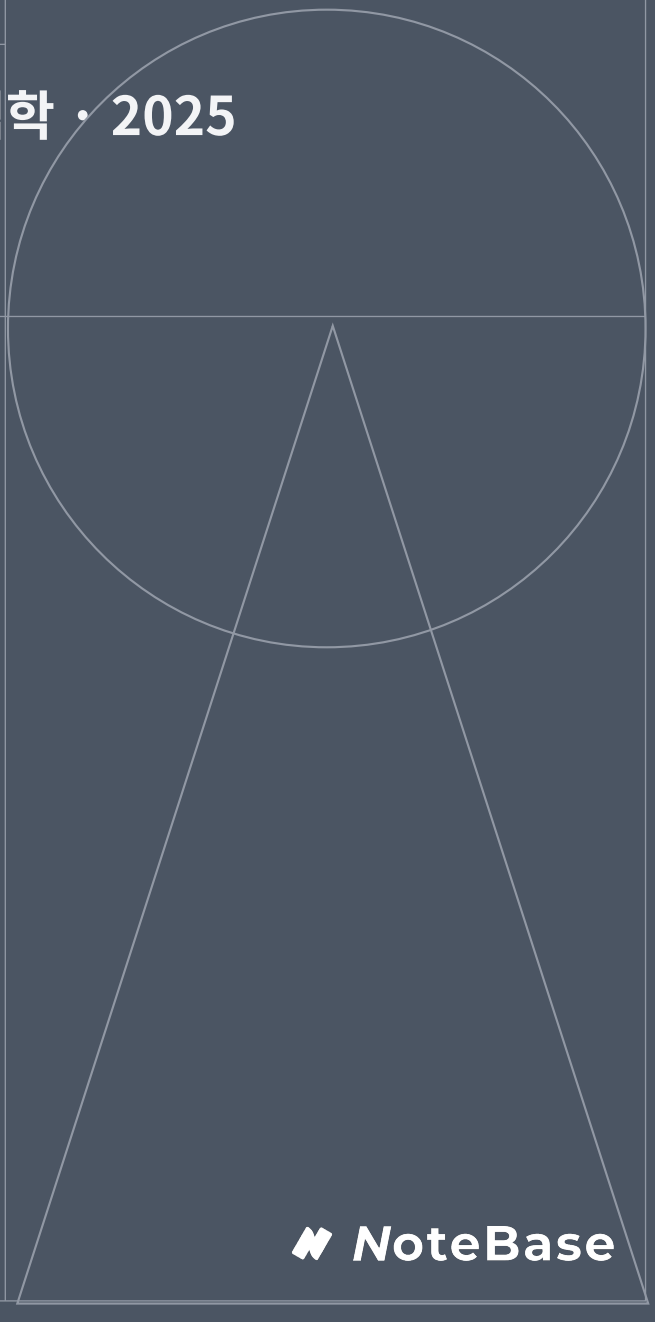
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 토질역학 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 토질역학 · 2025

공무원/서울시/7급 · 토질역학 · 2025

문 1. 흙의 공학적 분류 중 통일분류법과 AASHTO분류법에 이용되는 인자들을 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 비중
ㄴ. 입도
ㄷ. 연경도
ㄹ. 상대밀도

① ㄱ, ㄷ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄹ

정답 3번

출제 포인트

통일분류법(USCS)과 AASHTO분류법이 "공통으로" 사용하는 분류 인자를 묻는 문제다. 두 분류법은 모두 흙을 입도(입자 크기 분포)와 연경도(애터버그 한계: 액성한계·소성지수)로 분류한다. 보기 중 ㄴ(입도)과 ㄷ(연경도)이 두 분류법 모두에 쓰이므로 정답은 ③ ㄴ, ㄷ이다. 함정은 ㄱ(비중)과 ㄹ(상대밀도)인데, 둘 다 흙의 공학적 분류 기준이 아니다.

핵심 개념

통일분류법(USCS)=No.200체(0.075mm) 통과율로 조립토·세립토를 나누고, 조립토는 입도(균등계수 C_u, 곡률계수 C_g)로, 세립토는 연경도(액성한계 LL, 소성지수 PI)를 소성도(A선)에 찍어 분류한다. / AASHTO분류법=No.10·No.40·No.200체 통과율(입도)과 액성한계·소성지수(연경도)로 A-1~A-7군으로 나누고 군지수(GI)로 보조한다. 두 분류법의 공통 입력값은 결국 "입도 + 연경도" 두 가지다. 비중(흙 입자 자체의 밀도)과 상대밀도(사질토의 조밀한 정도)는 분류가 아니라 다짐·밀도 상태를 따지는 별개 물성이다.

NoteBase

선지별 해설

① ㄱ, ㄷ → X. ㄷ(연경도)은 맞지만 ㄱ(비중)은 두 분류법 어디에도 쓰이지 않아 오답.
② ㄱ, ㄹ → X. ㄱ(비중)·ㄹ(상대밀도) 모두 분류 인자가 아니므로 둘 다 틀림.
③ ㄴ, ㄷ → O. ㄴ(입도)과 ㄷ(연경도) 모두 통일분류법·AASHTO분류법에서 공통으로 사용하는 분류 인자다. (입도=체분석, 연경도=액성한계·소성지수)
④ ㄴ, ㄹ → X. ㄴ(입도)은 맞지만 ㄹ(상대밀도)은 분류 인자가 아니라 사질토의 조밀 상태를 나타내는 지표라 오답.

오답 포인트

비중(ㄱ)과 상대밀도(ㄹ)를 분류 인자로 착각하는 것이 핵심 함정이다. 비중은 흙 입자의 단위중량 계산이나 간극비 산정에 쓰이는 기본 물성일 뿐 분류 기준이 아니고, 상대밀도(D_r)는 사질토가 가장 느슨할 때와 가장 조밀할 때 사이에서 현재 얼마나 조밀한지를 나타내는 "상태량"이라 분류와 무관하다. "분류에 쓰는 것"과 "흙의 물성·상태를 표현하는 것"을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

흙 분류 문제는 "입도 + 연경도(애터버그 한계)" 두 축만 기억하면 거의 다 풀린다. 보기에 비중, 상대밀도, 함수비, 간극비, 투수계수 같은 단어가 섞여 나오면 분류 인자가 아니므로 바로 지운다. 통일분류법이든 AASHTO든 공통으로 묻는다면 답은 항상 입도와 연경도 쪽으로 좁혀진다.

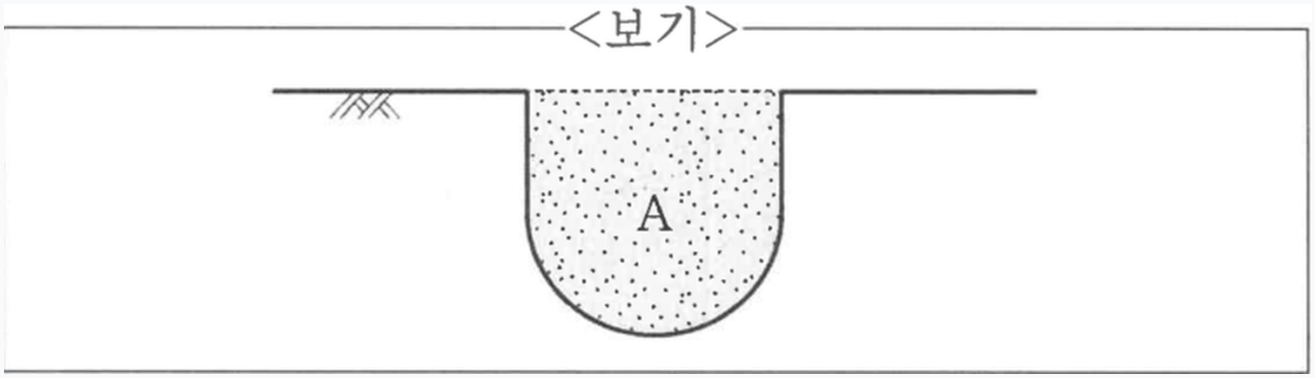
암기 포인트

흙 공학적 분류 = 입도 + 연경도(액성한계 LL, 소성지수 PI). 통일분류법은 No.200체로 조립·세립 구분 후 조립토는 입도, 세립토는 소성도(A선)로 분류. AASHTO는 No.10·40·200 입도 + 액성한계·소성지수 + 군지수. 비중·상대밀도는 분류 인자 아님.

NoteBase

문 2. 균질한 흙으로 구성된 대상 지반에서, <보기>와 같이 흙을 파내고 파낸 부분(A)을 표준사로 채웠다. 채우는 데 소요된 표준사의 건조중량은 2N, 건조단위중량은 20kN/m^{3}이고, 파낸 흙의 중량과 함수비는 각각 2.2N, 10%일 때, 대상 지반의 건조단위중량[kN/m^3]은?

<보기>



① 18

② 20

③ 22

④ 24

정답 2번

출제 포인트

흙을 파낸 구멍(A)에 표준사를 채워 그 부피를 알아내는 모래치환법(들밀도 시험)의 원리를 다룬다. 핵심은 두 가지다. 채운 표준사로부터 구멍의 부피 V를 구하고, 파낸 흙으로부터 흙의 건조중량을 구한 뒤, 둘을 나누어 지반의 건조단위중량을 계산한다. 함수비가 주어진 흙의 중량은 '습윤중량(전체중량)'임을 놓치지 않는 것이 함정 포인트다.

조건 정리

표준사(구멍 A를 채움): 건조중량 = 2 N, 건조단위중량 $\gamma_{d,\,sand} = 20\text{kN/m}^3$. 파낸 흙: 전체(습윤)중량 = 2.2 N, 함수비 $w = 10\%$. 구하는 값: 대상 지반의 건조단위중량 γ_d. 표준사가 채운 부피와 파낸 흙이 차지하던 부피(구멍 A)는 같다는 점이 연결고리다.

사용할 공식

구멍 부피(=표준사 부피): $V = \frac{W_{d,\,sand}}{\gamma_{d,\,sand}}$. 흙의 건조중량(습윤중량에서 물 제거): $W_d = \frac{W_{wet}}{1+w}$. 지반의 건조단위중량: $\gamma_d = \frac{W_d}{V}$.

NoteBase

계산 과정

1단계 구멍 부피: $V = \frac{2N}{20} = 0.1N$ (m^3). 2단계 파낸 흙의 건조중량: $W_d = \frac{2.2N}{1+0.1} = \frac{2.2N}{1.1} = 2N$. 3단계 건조단위중량: $\gamma_d = \frac{W_d}{V} = \frac{2N}{0.1N} = 20 kN/m^3$. 단위 N은 분자·분모에서 모두 소거되어 결과는 $20 kN/m^3$이다.

선지 판단

① 18 → X. 함수비 보정을 안 하고 습윤중량 2.2 N을 그대로 부피 0.1 N으로 나누면 22가 나오고, 표준사 단위중량을 잘못 쓰면 18 등이 나올 수 있으나 옳은 계산값이 아니다.
② 20 → O. 구멍 부피 0.1 N, 흙의 건조중량 2 N → $\gamma_d = 2N/0.1N = 20 kN/m^3$로 정확히 일치한다.
③ 22 → X. 흙의 건조중량(2 N) 대신 습윤중량(2.2 N)을 그대로 써서 $2.2N/0.1N = 22$로 계산한 오답이다. 함수비 10% 보정을 빠뜨린 전형적 실수다.
④ 24 → X. 어떤 조건 조합으로도 옳게 나오지 않는 값으로, 중량과 부피를 잘못 대응시킨 오답이다.

오답 포인트

가장 많이 걸리는 함정은 3번(22)이다. '파낸 흙의 중량 2.2 N'은 물을 포함한 습윤중량인데, 이를 건조중량으로 착각해 부피로 바로 나누면 22가 된다. 반드시 $W_d = W_{wet}/(1+w)$로 물을 먼저 걷어내야 한다. 또 하나는 부피를 '파낸 흙'이 아니라 '채운 표준사'에서 구한다는 점이다. 부피는 표준사의 건조중량과 건조단위중량으로 계산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

모래치환법(들밀도) 문제는 항상 순서가 같다. (1) 채운 모래로 구멍 부피 V부터 구한다. (2) 파낸 흙의 중량이 '습윤'인지 '건조'인지 확인하고, 함수비가 있으면 $1+w$로 나눠 건조중량으로 바꾼다. (3) 건조중량/부피로 건조단위중량을 낸다. '함수비'라는 단어가 보이면 곧바로 습윤·건조 보정을 떠올린다.

암기 포인트

모래치환법 3줄 공식: 부피 $V = \frac{W_{d,sand}}{\gamma_{d,sand}}$, 건조중량 $W_d = \frac{W_{wet}}{1+w}$, 건조단위중량 $\gamma_d = \frac{W_d}{V}$. 핵심 한 줄: '부피는 채운 모래로, 무게는 함수비 보정한 건조중량으로'.

NoteBase

문 3. 몰드에 유기질토를 함수비 20%로 다져 얻는 무게가 18N(몰드 무게 제외)이다. 다진 후 포화도가 80%일 때, 해당 유기질토의 비중은? (단, 몰드의 부피는 0.001m^3이고, 물의 단위중량은 10kN/m^3이다.)

① 2.0

② 2.2

③ 2.4

④ 2.6

정답 3번

출제 포인트

전체(습윤)단위중량, 함수비, 포화도가 주어졌을 때 흙의 비중 G_s를 역산하는 문제이다. 핵심은 흙의 3상(흙입자·물·공기) 관계식을 연립해 G_s 하나만 미지수로 남기는 것이다. "몰드 무게 제외"라는 단서 덕분에 18 N은 순수한 습윤흙의 무게이고, 부피가 곧 몰드 부피이므로 전체단위중량을 바로 계산할 수 있다.

조건 정리

습윤흙 무게 $W = 18\text{N}$ (몰드 무게 제외), 부피 $V = 0.001\text{m}^3$, 함수비 $w = 20\% = 0.2$, 포화도 $S = 80\% = 0.8$, 물의 단위중량 $\gamma_w = 10\text{kN/m}^3 = 10{,}000\text{N/m}^3$. 구하는 값은 비중 G_s.

사용할 공식

전체단위중량 $\gamma_t = \frac{W}{V}$. 3상 관계 $\gamma_t = \frac{G_s(1+w)}{1+e}\gamma_w$. 상관식 $Se = G_s w$ 에서 $e = \frac{G_s w}{S}$.

계산 과정

먼저 전체단위중량을 구한다. $\gamma_t = \frac{18}{0.001} = 18{,}000\text{N/m}^3 = 18\text{kN/m}^3$.
간극비를 G_s로 표현한다. $e = \frac{G_s w}{S} = \frac{0.2G_s}{0.8} = 0.25G_s$.
이를 단위중량 식에 대입한다. $18 = \frac{G_s(1+0.2)}{1+0.25G_s} \times 10$.
정리하면 $18(1+0.25G_s) = 12G_s$ 즉 $18 + 4.5G_s = 12G_s$, $18 = 7.5G_s$, $G_s = 2.4$.
검산: $e = 0.25 \times 2.4 = 0.6$, $\gamma_t = \frac{2.4 \times 1.2}{1.6} \times 10 = 18\text{kN/m}^3$으로 일치한다.

선지 판단

① 2.0 → X. $G_s = 2.0$이면 $e = 0.5$, $\gamma_t = \frac{2.0 \times 1.2}{1.5} \times 10 = 16\text{kN/m}^3$으로 18에 못 미친다.
② 2.2 → X. $G_s = 2.2$이면 $e = 0.55$, $\gamma_t = \frac{2.2 \times 1.2}{1.55} \times 10 \approx 17.0\text{kN/m}^3$으로 부족하다.
③ 2.4 → O. $G_s = 2.4$이면 $e = 0.6$, $\gamma_t = \frac{2.4 \times 1.2}{1.6} \times 10 = 18\text{kN/m}^3$으로 주어진 값과 정확히 일치한다.
④ 2.6 → X. $G_s = 2.6$이면 $e = 0.65$, $\gamma_t = \frac{2.6 \times 1.2}{1.65} \times 10 \approx 18.9\text{kN/m}^3$으로 18을 넘는다.

NoteBase

오답 포인트

첫째, 포화도가 80%인데도 포화상태로 보고 $e = G_s w$ (즉 $S = 1$)로 쓰면 간극비가 작아져 G_s가 과대평가된다. 반드시 $e = \frac{G_s w}{S}$에 $S = 0.8$을 넣어야 한다. 둘째, 18 N을 건조흙 무게로 착각하면 안 된다. 함수비 20%로 다진 "습윤흙" 무게이므로 γ_t이지 γ_d가 아니다. 셋째, 단위를 섞지 말아야 한다. $\gamma_t = 18\text{kN/m}^3$과 $\gamma_w = 10\text{kN/m}^3$을 같은 단위로 맞춰 비를 취하면 단위는 자동으로 약분된다. "유기질토"라는 표현은 비중이 낮을 수 있음을 암시하는 배경일 뿐, 계산은 일반 흙과 동일하다.

다시 나오면 이렇게 판단

단위중량·함수비·포화도가 주어지고 비중을 묻는 유형은 항상 두 식 $\gamma_t = \frac{G_s(1+w)}{1+e}\gamma_w$ 와 $Se = G_s w$를 연립한다. 미지수를 G_s 하나로 줄이는 순서는 (1) $\gamma_t = W/V$ 먼저 계산 → (2) $e = \frac{G_s w}{S}$로 치환 → (3) 단위중량 식에 대입해 1차방정식으로 푼다. 건조단위중량 식 $\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1+w} = \frac{G_s \gamma_w}{1+e}$를 써도 동일하게 $G_s = 2.4$가 나온다.

암기 포인트

삼상 기본식 $\gamma_t = \frac{G_s(1+w)}{1+e}\gamma_w$, $\gamma_d = \frac{G_s}{1+e}\gamma_w$, 핵심 상관식 $Se = G_s w$. 포화도가 100%가 아니면 $e = \frac{G_s w}{S}$로 바꿔 대입한다는 점만 기억하면 이 유형은 전부 풀린다. 이 문제의 숫자 세트: $\gamma_t = 18$, $w = 0.2$, $S = 0.8 \rightarrow e = 0.6$, $G_s = 2.4$.

NoteBase

문 4. 어떤 점토의 수축한계, 수축지수, 액성한계가 각각 10%, 20%, 80%이고 활성도는 2일 때, 2μm보다 작은 입자의 비율[%]은?

① 15
② 20
③ 25
④ 30

정답 3번

출제 포인트

주어진 수축한계, 수축지수, 액성한계로 소성지수(PI)를 거꾸로 구한 뒤, 활성도 공식에 대입해 2μm보다 작은 점토 입자의 비율을 역산하는 문제다. 활성도 공식이 A=PI점토함유율 형태로 점토 비율을 분모에 두고 있다는 점을 알아야 풀 수 있다. 수축지수가 소성한계와 수축한계의 차이라는 정의를 모르면 PI를 구하지 못해 막힌다.

조건 정리

수축한계 SL = 10%
수축지수 Is = 20%
액성한계 LL = 80%
활성도 A = 2
구할 값: 2μm보다 작은 입자의 비율(점토 함유율) = 2μm 이하 통과율[%]

사용할 공식

수축지수: $I_s = PL - SL$ (소성한계 − 수축한계)
소성지수: $PI = LL - PL$ (액성한계 − 소성한계)
활성도: $A = \frac{PI}{C}$, 여기서 C는 2μm보다 작은 입자의 비율(점토 함유율, %)
따라서 점토 함유율: $C = \frac{PI}{A}$

계산 과정

1단계 — 소성한계 구하기: $PL = I_s + SL = 20 + 10 = 30\%$
2단계 — 소성지수 구하기: $PI = LL - PL = 80 - 30 = 50\%$
3단계 — 점토 함유율 구하기: $C = \frac{PI}{A} = \frac{50}{2} = 25\%$
그러므로 2μm보다 작은 입자의 비율은 25%다.

NoteBase

선지 판단

① 15% → X: PI를 잘못(예: 30%) 잡았을 때 나오는 값으로, 소성한계를 30%로 제대로 구하면 나오지 않는다.
② 20% → X: 활성도를 2.5로 잘못 쓰거나 PI=50을 다른 수로 나눴을 때 나오는 함정 값이다.
③ 25% → O: $PL = 30\%$, $PI = 50\%$, $C = \frac{50}{2} = 25\%$로 정확히 일치한다.
④ 30% → X: 소성한계(30%)나 소성지수 계산을 점토 함유율로 혼동했을 때 나오는 값이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 수축지수를 그대로 소성지수로 착각하거나, 수축지수를 $LL - SL$로 잘못 정의하는 것이다. 수축지수는 소성한계와 수축한계의 차($I_s = PL - SL$)이므로, 먼저 $PL = I_s + SL = 30\%$를 구한 뒤 $PI = LL - PL = 50\%$로 가야 한다. 또 활성도 공식에서 점토 함유율이 분모임을 놓치고 $A \times PI$로 곱해 100%를 내는 실수도 잦다. 점토 비율을 구할 때는 반드시 $C = PI/A$로 나눈다.

다시 나오면 이렇게 판단

'활성도'와 '2μm보다 작은 입자 비율'이 같이 나오면 곧바로 $A = PI/C$를 떠올리고, 구하려는 것이 점토 비율이면 $C = PI/A$로 나눈다. PI가 직접 주어지지 않고 수축한계·수축지수·액성한계만 주면, 수축지수로 소성한계($PL = I_s + SL$)를 먼저 만든 뒤 $PI = LL - PL$ 순서로 PI를 조립하는 흐름을 그대로 적용한다.

암기 포인트

수축지수 $I_s = PL - SL$, 소성지수 $PI = LL - PL$, 활성도 $A = \frac{PI}{C}$ (C는 2μm 이하 점토 함유율, %). 점토 비율을 물으면 $C = PI/A$. 이 문제: $PL = 30$, $PI = 50$, $C = 50/2 = 25\%$.

NoteBase

문 5. 점성토 지반과 사질토 지반에서 $0.2\text{m} \times 0.2\text{m}$ 크기의 평판을 사용한 평판재하시험을 수행하였다. 이 시험을 통해 두 지반 모두에서 극한 지지력 120kN/m^2, 침하량 2mm의 결과를 얻었다. 만일 두 지반 지표면에 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 기초를 설치하고 100kN의 하중을 가한다면, 각각의 안전율은? (단, 기초의 허용 침하량은 25mm이며, 두 기초 모두 주어진 하중에서 허용 침하량을 만족시킨다고 가정한다.)

① 점성토 지반: 1.2, 사질토 지반: 1.2

② 점성토 지반: 1.2, 사질토 지반: 6

③ 점성토 지반: 6, 사질토 지반: 1.2

④ 점성토 지반: 6, 사질토 지반: 6

정답 2번

출제 포인트

평판재하시험(0.2m 평판)의 결과를 실제 기초(1m)로 확장할 때, 점성토와 사질토에서 극한지지력이 기초폭에 따라 어떻게 달라지는지를 묻는 문제다. 핵심은 '점성토는 지지력이 기초폭과 무관, 사질토는 지지력이 기초폭에 비례'라는 평판재하시험 보정원리다. 이 한 줄을 알면 두 지반의 안전율 차이가 곧바로 나온다.

조건 정리

평판 크기: 0.2m × 0.2m / 평판의 극한지지력: 120kN/m^2 (두 지반 동일) / 실제 기초: 1m × 1m, 작용하중 100 kN / 허용 침하량 25mm는 두 기초 모두 만족한다고 가정하므로 침하는 고려 대상이 아니고, 안전율은 '극한지지력 ÷ 작용 지지력'으로만 계산한다.

사용할 공식

작용 지지력: $q = \frac{P}{A}$ / 점성토(점착성 지반): 극한지지력은 기초폭과 무관 → q_u,기초 = q_u,평판 / 사질토(사질지반): 극한지지력은 기초폭에 비례 → q_u,기초 = q_u,평판 × B_기초B_평판 / 안전율: $F_s = \frac{q_u}{q}$

계산 과정

작용 지지력: $q = \frac{100\text{kN}}{1\text{m} \times 1\text{m}} = 100\text{kN/m}^2$

점성토: 기초폭과 무관하므로 $q_u = 120\text{kN/m}^2$, 따라서 $F_s = \frac{120}{100} = 1.2$

사질토: 기초폭에 비례하므로 $q_u = 120 \times \frac{1.0}{0.2} = 120 \times 5 = 600\text{kN/m}^2$, 따라서 $F_s = \frac{600}{100} = 6$

결과: 점성토 안전율 1.2, 사질토 안전율 6

NoteBase

선지 판단

① 점성토 1.2 / 사질토 1.2 → X: 사질토는 기초폭이 5배 커지면 지지력도 5배가 되어 안전율 6이어야 한다.
② 점성토 1.2 / 사질토 6 → O: 점성토는 폭 무관(120/100=1.2), 사질토는 폭 비례(600/100=6)로 정확히 일치한다.
③ 점성토 6 / 사질토 1.2 → X: 점성토와 사질토의 거동을 거꾸로 적용한 함정 선지다.
④ 점성토 6 / 사질토 6 → X: 점성토까지 폭에 비례한다고 잘못 본 경우다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 두 지반의 거동을 바꿔 적용해 ③을 고르는 것이다. '점토=무관, 모래=비례'를 외워두면 막을 수 있다. 또 사질토 보정 시 길이비를 $\frac{0.2}{1.0} = 0.2$로 거꾸로 곱해 지지력을 24로 만들면 안전율이 0.24가 되는데, 큰 기초가 모래에서 더 큰 지지력을 갖는다는 물리적 사실과 어긋나므로 비(比)의 방향에 주의해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

평판재하시험에서 실제 기초로 확장하는 문제가 나오면 먼저 지반이 점성토인지 사질토인지부터 가른다.
점성토면 평판 지지력을 그대로 쓰고, 사질토면 기초폭/평판폭 배수를 지지력에 곱한다. 그다음 안전율은 항상 극한지지력을 작용 지지력(하중÷기초면적)으로 나누면 된다. 침하 조건이 '만족한다'고 주어지면 침하 계산은 함정용 조건일 뿐 안전율 계산에는 쓰지 않는다.

암기 포인트

평판재하시험 보정: 지지력은 점토=기초폭 무관, 모래=기초폭에 비례 / 침하량은 반대로 점토=폭에 비례, 모래는 S_기초 = S_평판≤ft(2B_기초B_기초+B_평판)^2 형태로 보정 / 안전율 $F_s = q_u/q$, 여기서는 점성토 1.2·사질토 6.

NoteBase

문 6. 모래에 대해 압밀비배수 삼축압축시험을 수행했을 때, 유효구속응력 100kN/m^2, 유효축차응력 200kN/m^2에서 시료가 파괴되었다. 파괴면이 최소주응력면과 이루는 각은?

① 30°

② 45°

③ 50°

④ 60°

정답 1번

출제 포인트

삼축압축시험에서 파괴면(전단파괴면)의 방향을 묻는 문제다. 모래(점착력 c=0)는 먼저 주어진 응력으로 내부마찰각 ϕ를 구하고, 파괴면이 주응력면과 이루는 각 공식에 대입하면 된다. 이때 "최대주응력면 기준"인지 "최소주응력면 기준"인지를 구분하는 것이 핵심이다.

조건 정리

유효구속응력(셀압) = 최소주응력 $\sigma_3' = 100\text{kN/m}^2$
유효축차응력(주응력차) = $\sigma_1' - \sigma_3' = 200\text{kN/m}^2$
따라서 최대주응력 $\sigma_1' = 100 + 200 = 300\text{kN/m}^2$
모래이므로 점착력 $c = 0$, 묻는 것은 파괴면이 최소주응력면과 이루는 각.

사용할 공식

점착력이 없는 모래의 마찰각: $\sin\phi = \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{\sigma_1' + \sigma_3'}$
파괴면이 최대주응력면과 이루는 각: $\theta_{max} = 45^\circ + \frac{\phi}{2}$
파괴면이 최소주응력면과 이루는 각: $\theta_{min} = 45^\circ - \frac{\phi}{2}$
(두 주응력면은 서로 직교하므로 두 각의 합은 90°이다.)

계산 과정

1) 마찰각: $\sin\phi = \frac{300-100}{300+100} = \frac{200}{400} = 0.5$ 이므로 $\phi = 30^\circ$.
2) 최소주응력면 기준 각: $\theta_{min} = 45^\circ - \frac{\phi}{2} = 45^\circ - \frac{30^\circ}{2} = 45^\circ - 15^\circ = 30^\circ$.
(참고로 최대주응력면 기준이면 $45^\circ + 15^\circ = 60^\circ$가 되어 ④와 헷갈리게 출제되었다.)

NoteBase

선지 판단

① 30° → O. 최소주응력면 기준 $45^\circ - \phi/2 = 30^\circ$으로 정답.
② 45° → X. 45°는 마찰각이 0일 때의 값이다. 여기서는 $\phi = 30^\circ$이므로 45°에서 $\phi/2 = 15^\circ$만큼 차이가 난다.
③ 50° → X. 어떤 공식에도 대응하지 않는 함정 값이다.
④ 60° → X. 이 값은 파괴면이 "최대주응력면"과 이루는 각 $45^\circ + \phi/2 = 60^\circ$이다. 문제는 최소주응력면 기준을 물었으므로 60°가 아니라 그 여각인 30°가 답이다.

오답 포인트

기준면을 바꿔 읽어 60°(④)를 고르는 것이 가장 흔한 실수다. $45^\circ + \phi/2$는 최대주응력면 기준, $45^\circ - \phi/2$는 최소주응력면 기준이다. 문제는 "최소주응력면과 이루는 각"이므로 $45^\circ - \phi/2 = 30^\circ$가 맞다. 또 축차응력 200을 곧바로 σ_1으로 착각하면 안 되고, _1 = _3 + (축차응력) = 300으로 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

삼축시험 파괴면 각도 문제는 (1) $\sigma_1 = \sigma_3 +$ 축차응력으로 큰 주응력을 만들고, (2) $\sin\phi = (\sigma_1 - \sigma_3)/(\sigma_1 + \sigma_3)$로 ϕ를 구한 뒤, (3) 묻는 기준면을 확인해 최대주응력면이면 $45^\circ + \phi/2$, 최소주응력면이면 $45^\circ - \phi/2$를 쓴다. 이번처럼 $\sigma_1 : \sigma_3 = 3 : 1$이면 $\phi = 30^\circ$가 떨어진다.

암기 포인트

파괴면은 최대주응력면과 $45^\circ + \phi/2$, 최소주응력면과 $45^\circ - \phi/2$를 이룬다(둘의 합 90°). 모래(c=0)는 $\sin\phi = (\sigma_1 - \sigma_3)/(\sigma_1 + \sigma_3)$. $\sigma_1 : \sigma_3 = 3 : 1 \Rightarrow \phi = 30^\circ$, 최소주응력면 기준 각 = 30°.

NoteBase

문 7. 포화단위중량이 20kN/m^3인 균일한 포화 점성토 지반이 있다. 대상 지반에서 교란시료를 채취하여 재성형한 후 일축압축시험을 수행하여 일축압축강도 25kN/m^2을 얻었다. 비배수 상태에서 Rankine 토압에 근거하여 무지보로 가능한 최대 연직 절토 깊이$[m]$는? (단, 대상 지반을 구성하는 점성토의 예민비는 2이며, 물의 단위중량은 10kN/m^3이다.)

① 2.5

② 4

③ 4.5

④ 5

정답 4번

출제 포인트

비배수(ϕ=0) 점성토의 무지보 연직 절토 한계깊이 $H_c = \frac{4c_u}{\gamma}$를 묻는 문제다. 핵심 함정은 시험으로 얻은 일축압축강도 25 kN/㎡가 '교란시료를 재성형한' 값이라는 점이다. 실제 지반(불교란 상태) 강도는 예민비를 곱해 복원해야 하며, 이를 빠뜨리면 정확히 절반인 2.5m(①)가 나온다.

조건 정리

포화단위중량 $\gamma = 20\text{kN/m}^3$ (균일 포화 점성토) / 재성형 시료의 일축압축강도 q_u,재성형 = 25 kN/m^2 / 예민비 $S_t = 2$ / 물의 단위중량 $\gamma_w = 10\text{kN/m}^3$ / 비배수 상태, Rankine 토압 적용.

사용할 공식

예민비 정의: S_t = q_u,불교란q_u,재성형
비배수 점착력: $c_u = \frac{q_u}{2}$
무지보 연직 절토 한계고(인장균열 깊이의 2배): $H_c = \frac{4c_u}{\gamma}$
(비배수 해석이므로 단위중량은 전응력 기준인 포화단위중량 γ를 쓴다.)

계산 과정

1) 불교란 강도 복원: q_u,불교란 = S_t × q_u,재성형 = 2 × 25 = 50 kN/m^2
2) 비배수 점착력: $c_u = \frac{q_u}{2} = \frac{50}{2} = 25\text{kN/m}^2$
3) 한계 절토 깊이: $H_c = \frac{4c_u}{\gamma} = \frac{4 \times 25}{20} = \frac{100}{20} = 5\text{m}$

NoteBase

선지 판단

① 2.5 → X: 예민비를 곱하지 않고 재성형 강도 25를 그대로 써서 $c_u = 12.5$, $H_c = 4 \times 12.5/20 = 2.5$로 푼 오답(딱 절반).
② 4 → X: 어떤 정상적 조합으로도 나오지 않는 교란용 수치.
③ 4.5 → X: 마찬가지로 근거 없는 값.
④ 5 → O: 불교란 강도 50 복원 → $c_u = 25$ → $H_c = 4 \times 25/20 = 5$m. 정답.

오답 포인트

첫째, '재성형(교란) 시료'라는 단어를 놓치고 25를 바로 대입하면 2.5m가 나온다 — 반드시 예민비 2를 곱해 불교란 강도 50으로 복원해야 한다. 둘째, '비배수'인데 물의 단위중량 10을 빼서 $\gamma' = 10$을 쓰면 $H_c = 10$m가 되어 오답이다(물의 단위중량은 그냥 함정 수치). 비배수 전응력 해석에서는 포화단위중량 20을 그대로 쓴다.

다시 나오면 이렇게 판단

점성토 연직 절토·인장균열·한계고 문제는 $H_c = \frac{4c_u}{\gamma}$, 인장균열 깊이는 그 절반 $z_c = \frac{2c_u}{\gamma}$로 바로 간다. 문제에 '교란/재성형 시료 일축압축강도 + 예민비'가 함께 나오면 강도를 예민비배만큼 키워 불교란 값으로 환산하는 단계가 반드시 필요하다고 보면 된다. 비배수 조건이면 단위중량은 전응력(포화단위중량)을 쓰고, 제시된 물의 단위중량은 끼워넣기 함정일 때가 많다.

암기 포인트

한계 절토고 $H_c = \frac{4c_u}{\gamma}$, 인장균열 $z_c = \frac{2c_u}{\gamma}$ / $c_u = \frac{q_u}{2}$ / 예민비 S_t=불교란강도재성형강도 → 재성형 강도엔 S_t를 곱해 불교란으로 / 비배수=전응력=포화단위중량 사용.

NoteBase

문 8. 정수위 투수시험을 통해 모래시료의 투수계수가 0.01cm/s로 측정되었다. 이후 동일한 모래로 수위차는 4배, 시료의 단면적은 3배로 하여 다시 시험했을 때, 단위시간당 유출된 유량이 2배로 변했다면, 첫 번째 시험의 시료 높이(L_1)에 대한 두 번째 시험의 시료 높이(L_2)의 비$\left(\frac{L_2}{L_1}\right)$는?

① 1

② 2

③ 4

④ 6

정답 4번

출제 포인트

정수위 투수시험에서 다르시 법칙 $Q = kA\frac{h}{L}$을 그대로 적용해, 같은 모래(투수계수 k 동일)일 때 수두차·단면적·유량의 변화비로부터 시료 높이(길이) L의 변화비를 거꾸로 구하는 문제다. 각 변수가 분자/분모 중 어디에 들어가는지만 정확히 맞추면 끝난다.

조건 정리

같은 모래이므로 두 시험의 투수계수가 같다: k 동일. 1차 대비 2차에서 수위차(수두차) $h_2 = 4h_1$, 단면적 $A_2 = 3A_1$, 단위시간당 유출 유량 $Q_2 = 2Q_1$. 구하는 값은 시료 높이의 비 $\frac{L_2}{L_1}$.

사용할 공식

정수위 투수시험의 유량식(다르시 법칙): $Q = kAi = kA\frac{h}{L}$. 여기서 동수경사 $i = \frac{h}{L}$이고, h는 수두차, L은 시료 높이(흐름 길이), A는 시료 단면적이다.

계산 과정

두 시험의 유량을 각각 쓰면 $Q_1 = kA_1\frac{h_1}{L_1}$, $Q_2 = kA_2\frac{h_2}{L_2}$. 비를 취하면 k가 소거되어 $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{A_2}{A_1} \cdot \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{L_1}{L_2}$. 값을 대입하면 $2 = 3 \times 4 \times \frac{L_1}{L_2} = 12 \cdot \frac{L_1}{L_2}$. 따라서 $\frac{L_1}{L_2} = \frac{2}{12} = \frac{1}{6}$ 이고, 구하는 비는 $\frac{L_2}{L_1} = 6$.

선지 판단

① 1 → X. $L_2/L_1 = 1$이려면 단면적·수두차 증가분과 유량 증가분이 상쇄돼야 하는데 그렇지 않다.
② 2 → X. 유량비(2배)를 그대로 길이비로 옮긴 오답이다.
③ 4 → X. 수두차 4배만 반영하고 단면적 3배와 유량 2배를 빠뜨린 값이다.
④ 6 → O. $\frac{L_2}{L_1} = \frac{A_2}{A_1} \cdot \frac{h_2}{h_1} \cdot \frac{Q_1}{Q_2} = 3 \times 4 \times \frac{1}{2} = 6$.

NoteBase

오답 포인트

길이 L이 동수경사 $i=\frac{h}{L}$의 분모에 있다는 점을 놓치면 부호 관계가 뒤집힌다. L이 커지면 동수경사가 작아져 유량이 줄어드는 방향이다. 또 단면적 3배를 빼먹고 수두차 4배만 보면 ③ 4를, 유량 2배만 그대로 옮기면 ②를 고르게 된다. 단면적·수두차는 유량을 키우는(분자) 인자, 길이는 유량을 줄이는(분모) 인자임을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

정수위 시험이고 같은 흙이면 k를 소거하고 $\frac{Q_2}{Q_1}=\frac{A_2}{A_1}\cdot\frac{h_2}{h_1}\cdot\frac{L_1}{L_2}$ 꼴로 묶은 뒤, 묻는 양만 남기고 비례식을 정리한다. 길이비를 구하라고 하면 (L_2)/(L_1)=(면적비)×(수두차비)유량비=(3×4)/(2)=6 처럼 곧바로 대입한다.

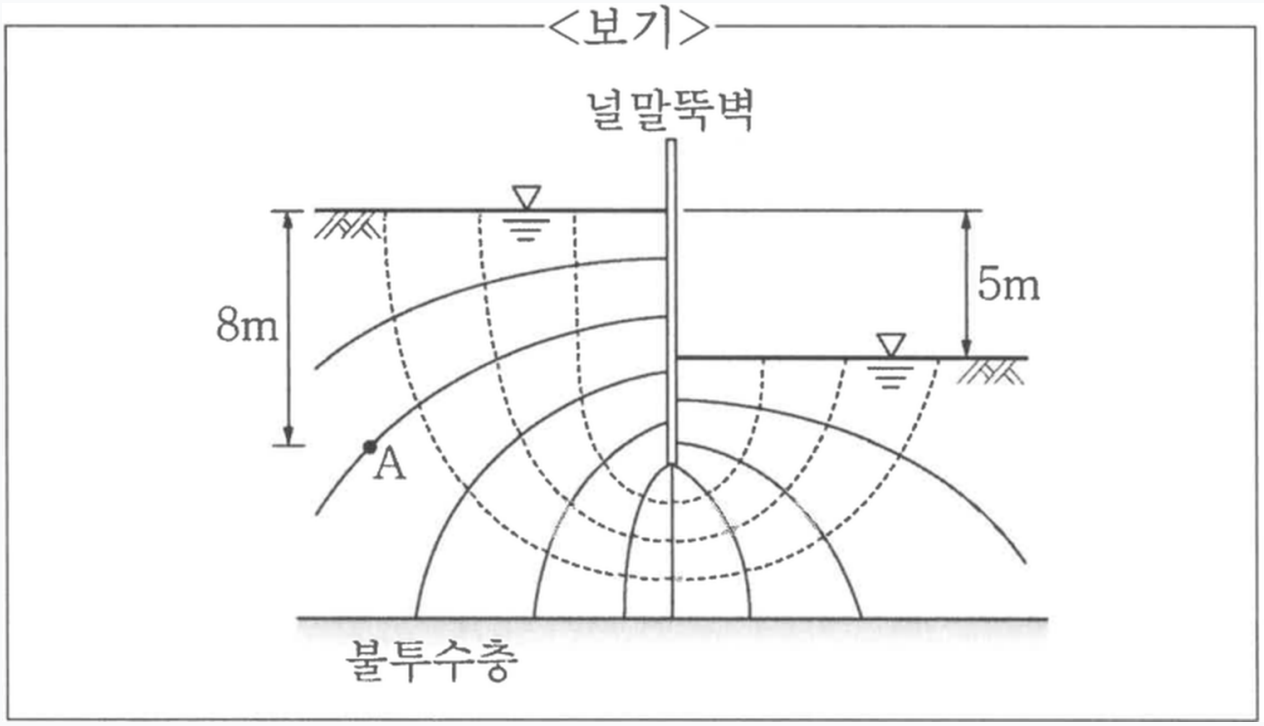
암기 포인트

정수위 투수시험 핵심식 $Q=kA\frac{h}{L}$. 같은 흙이면 $\frac{L_2}{L_1}=\frac{(A_2/A_1)(h_2/h_1)}{(Q_2/Q_1)}$. 면적·수두차는 분자, 유량은 분모. 이 문제 답: $\frac{3\times4}{2}=6$.

NoteBase

문 9. <보기>와 같이 널말뚝벽이 설치된 지반에서의 정상침투 상태의 유선망을 도시하였을 때, A 위치의 유효응력 [kN/m^2]은? (단, 지반은 등방·균질하며, 포화단위중량은 20kN/m^3, 물의 단위중량은 10kN/m^3, 기준면은 하류측 수위를 기준으로 한다.)

<보기>



① 60

② 70

③ 80

④ 90

정답 4번

출제 포인트

널말뚝벽 주변의 정상침투(유선망)에서 특정 지점의 유효응력을 구하는 문제다. 핵심은 단순 정수압이 아니라 유선망의 등수두선으로 읽은 '침투에 의해 변한 전수두'로 간극수압을 계산한다는 점이다. A는 상류측(물이 지반으로 들어가는 쪽)에 있어 침투 방향이 아래로 향하므로(하향침투) 정수압 상태보다 간극수압이 작아지고 유효응력은 커진다. 유효응력 = 전응력 − 간극수압 순서로 푼다.

NoteBase

조건 정리

포화단위중량 $\gamma_{sat} = 20\text{kN/m}^3$, 물의 단위중량 $\gamma_w = 10\text{kN/m}^3$. 기준면(전수두 0)은 하류측 수위. 그림에서 상류측 수위가 좌측 치수 8m의 꼭대기, 하류측 수위가 우측 치수 5m의 꼭대기이며 두 수위차는 $8 - 5 = 3\text{m}$ 이므로 상류측 수위가 하류측보다 3m 높다. 그림에서 상류측은 지표면을 나타내는 해칭(빗금)과 물 기호(▽)가 같은 높이에 있어 지하수면이 지표면과 일치한다. 즉 A 위쪽 8m는 자유수 기둥 없이 전부 포화토이고, 좌측 치수 8m는 상류측 수면(=지표면)에서 A까지의 흙 두께다. A의 위치수두(표고)는 하류측 수위 기준 −5m이며, 이는 하류측 수위와 같은 높이다.

사용할 공식

전응력 σ = Σ(각 층 단위중량×두께) — 자유수 기둥이 있으면 γ_w ×물높이, 흙층은 γ_{sat} ×흙두께를 더한다.
등수두선 손실수두 $\Delta h = H \times \frac{n_d}{N_d}$ (H: 전수두차, N_d: 전체 등수두 칸수, n_d: 그 점까지 통과한 칸수)
A의 전수두 $= H - \Delta h$
간극수압 $u = h_p \times \gamma_w$ (압력수두 h_p = 전수두 - 위치수두)
유효응력 $\sigma' = \sigma - u$
정상침투에서는 정수압이 아니라 유선망으로 구한 전수두를 써야 한다.

계산 과정

1) 전응력: 그림에서 상류측 지하수면이 지표면과 일치하므로 A 위 8m는 자유수 기둥 없이 전부 포화토다. 따라서 σ = (흙 8m)×_sat = 8× 20 = 160 kN/m^2. (만약 흙 위에 물기둥이 있었다면 γ_w ×물높이를 따로 더했어야 하지만, 그림 기하상 물기둥은 없다.)
2) 전수두(유선망): 상류측 수면 전수두 +3m, 하류측 수면 0m이므로 전수두차 $H = 3\text{m}$. 등수두선은 이 3m를 같은 크기의 칸으로 나눈다. 손실수두는 $\Delta h = H \times \frac{n_d}{N_d}$로 구하며, 상류측 수면(전수두 +3m) 입구에서 A가 놓인 등수두선까지 등수두 한 칸이 떨어진다($\Delta h = 1\text{m}$, 즉 전수두차의 $\frac{1}{3}$ 손실). 그러므로 A의 전수두 $= 3 - 1 = +2\text{m}$.
3) 압력수두: h_p =전수두−위치수두 $= 2 - (-5) = 7\text{m}$.
4) 간극수압: $u = 7 \times 10 = 70\text{kN/m}^2$.
5) 유효응력: $\sigma' = 160 - 70 = 90\text{kN/m}^2$.

선지 판단

① 60 → X: 어떤 합리적 수두 가정으로도 나오지 않는 값으로, 전응력이나 수두 계산을 과도하게 줄였을 때 나오는 오답.
② 70 → X: 이는 A의 간극수압(70)을 그대로 답으로 쓴 경우다. 묻는 것은 유효응력이므로 전응력에서 빼야 한다.
③ 80 → X: 침투를 무시하고 정수압(상류 수면에서 A까지 8m 정수두 → $u = 80$)으로 계산해 $\sigma' = 160 - 80 = 80$으로 본 오답. 하향침투로 전수두가 한 칸(1m) 더 떨어져 u가 70으로 작아지는 효과를 빠뜨린 함정 보기다.
④ 90 → O: 유선망 등수두선으로 구한 A의 전수두(+2m)로 $u = 70$을 얻어 $\sigma' = 160 - 70 = 90\text{kN/m}^2$.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 ③처럼 정상침투인데도 정수압 $u = \gamma_w$ ×수심으로 간극수압을 잡는 것이다. 상류측은 하향침투라서 등수두선만큼(여기서는 1m) 전수두가 떨어져 실제 u가 정수압보다 작아지고 σ'는 커진다. 또 ②처럼 간극수압 자체를 답으로 적지 않도록, '유효응력'을 물었음을 끝까지 기억해야 한다. 전응력을 잡을 때도 그림에서 상류 수면이 지표면과 일치하는지(물기둥 유무)를 먼저 확인해, 물기둥이 없으면 8 × 20으로 흙만 더하면 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

유선망 안의 한 점 응력 문제는 (1) 기준면 정하기 → (2) 그 점의 위치수두 읽기 → (3) 등수두선으로 손실수두 $\Delta h = H \times \frac{n_d}{N_d}$를 읽어 전수두 구하기 → (4) u=(전수두-위치수두)_w → (5) $\sigma' = \gamma_{sat} h - u$ 순서를 고정한다. 전응력은 그림에서 그 점 위가 흙인지 물기둥+흙인지를 보고 층별로 더한다. 점이 상류측이면 하향침투로 σ'가 정수압값보다 커지고(이 문제처럼 80→90), 하류측이면 상향침투로 작아진다는 방향만 알아도 보기를 절반 거를 수 있다.

암기 포인트

정상침투 응력 3단계: $\sigma = \gamma_{sat} h$(물기둥 있으면 γ_w ×물높이 추가), u=(전수두-위치수두)_w, $\sigma' = \sigma - u$.
전수두는 등수두선으로 $\Delta h = H \times \frac{n_d}{N_d}$만큼 깎아 구한다. 상류=하향침투=유효응력 증가,
하류=상향침투=유효응력 감소(극단이 분사현상). 이 문제 핵심값: $H = 3$m, A 전수두 +2m, $\sigma = 160$, $u = 70$, $\sigma' = 90 \text{kN/m}^2$.

NoteBase

문 10. <보기>에서 다짐에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 다짐은 다짐장비의 종류에만 관계되고 지반의 함수비와는 무관하다.
ㄴ. 점토지반에서의 다짐은 점토의 구조를 변화시킨다.
ㄷ. 영공기간극곡선은 항상 다짐곡선의 위쪽에 위치한다.
ㄹ. 흙댐의 코어부(점토부)의 다짐은 최적함수비 왼쪽에 해당하는 함수비에서 다짐을 시행하는 것이 다짐의 목적에 유리하다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄴ, ㄷ
③ ㄴ, ㄹ
④ ㄷ, ㄹ

정답 2번

출제 포인트

다짐(compaction)의 기본 성질을 묻는 문제다. 발문이 "옳은 것을 모두 고른 것"이므로 보기 ㄱ·ㄴ·ㄷ·ㄹ을 하나씩 O/X로 판정해 모두 맞는 조합을 골라야 한다. 핵심은 (1) 다짐은 함수비에 크게 좌우된다 (2) 점토는 건조측·습윤측에서 입자 배열(구조)이 달라진다 (3) 영공기간극곡선은 다짐곡선보다 항상 위쪽에 있다 (4) 흙댐 차수용 코어는 습윤측에서 다진다, 이 네 가지다.

핵심 개념

최적함수비(OMC): 같은 다짐에너지로 다질 때 건조단위중량이 최대가 되는 함수비. / 건조측(dry side)=OMC보다 함수비가 낮은 쪽, 습윤측(wet side)=OMC보다 높은 쪽. / 점토 구조: 건조측에서 다지면 입자가 제멋대로 배열된 면모구조(투수성 큼), 습윤측에서 다지면 입자가 나란히 정렬된 이산구조(투수성 작음). / 영공기간극곡선(ZAV): 간극이 물로 완전히 포화(공기 0%)되었다고 가정한 이론상의 최대 건조단위중량 곡선으로, 실제로는 공기를 완전히 뺄 수 없어 다짐곡선은 항상 그 아래(왼쪽)에 놓인다.

NoteBase

선지별 해설

ㄱ. X — "다짐은 다짐장비의 종류에만 관계되고 함수비와 무관하다"는 틀린 표현. 다짐 결과는 함수비에 크게 좌우되어 OMC에서 최대 건조밀도가 나온다 → 올바른 표현: 다짐 효과는 장비뿐 아니라 함수비에도 크게 의존한다.
ㄴ. O — 점토를 다지면 함수비(건조측/습윤측)에 따라 면모구조와 이산구조로 입자 배열이 바뀐다. 즉 다짐은 점토의 구조를 변화시킨다.
ㄷ. O — 영공기간극곡선은 공기간극이 0인 완전포화를 가정한 이론 상한이므로, 공기를 다 뺄 수 없는 실제 다짐곡선은 항상 그 아래(위쪽에 ZAV)에 위치한다.
ㄹ. X — "코어부는 최적함수비 왼쪽(건조측)에서 다지는 것이 유리하다"는 틀린 표현. 흙댐 코어(점토부)는 차수가 목적이므로 투수계수가 더 작은 습윤측에서 다지는 것이 유리하다 → 올바른 표현: 코어부는 최적함수비 오른쪽(습윤측)에서 다진다.
따라서 옳은 것은 ㄴ, ㄷ → 정답 ②.

오답 포인트

ㄹ을 "건조측이 강도가 크니까 유리"로 착각해 ④(ㄷ,ㄹ)를 고르는 실수가 많다. 건조측 다짐은 전단강도와 지지력 면에서 유리하지만, 흙댐 코어의 목적은 강도가 아니라 차수(낮은 투수성)이므로 습윤측이 정답이다. 목적이 무엇인지(차수 vs 강도)를 먼저 확인해야 한다. 또 ㄱ을 "장비도 중요하니 맞는 말"로 받아들이면 안 된다 — "함수비와 무관"이라는 한정어 때문에 틀린 문장이다.

다시 나오면 이렇게 판단

다짐 문제는 (1) 함수비 무관/관계없음 같은 표현이 나오면 거의 X (다짐은 함수비 의존), (2) 영공기간극곡선은 "항상 다짐곡선 위/왼쪽"이면 O, "아래"나 "교차"면 X, (3) 점토 코어·차수 목적이면 습윤측, 강도·지지력 목적이면 건조측, (4) 점토 구조 변화(면모↔이산)는 O로 외워두면 빠르게 풀린다.

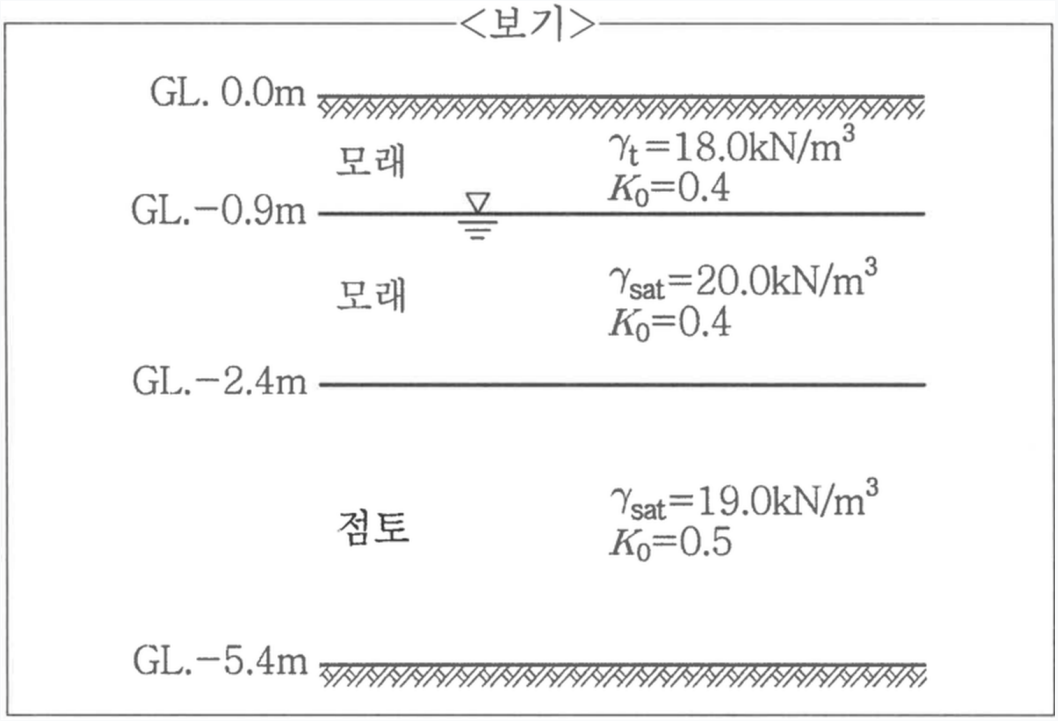
암기 포인트

함수비 무관=틀림 / 점토 다짐→구조 변화(면모↔이산)=맞음 / 영공기간극곡선은 항상 다짐곡선 위(위쪽)=맞음 / 코어는 차수 목적→습윤측, 건조측은 강도 목적. 본 문제 정답 조합: ㄴ, ㄷ.

NoteBase

문 11. <보기>와 같이 2.4m 두께의 모래층이 포화된 점토층 위에 놓여 있다. 지표면으로부터 5.4m 깊이에서의 유효연직응력, 유효수평응력의 값[kN/m²]은? (단, 지하수면 위로 모관수는 없다고 가정하고, 물의 단위중량은 10kN/m³이다.)

<보기>



① 유효연직응력[kN/m²]: 49.2, 유효수평응력[kN/m²]: 24.6

② 유효연직응력[kN/m²]: 56, 유효수평응력[kN/m²]: 28

③ 유효연직응력[kN/m²]: 58.2, 유효수평응력[kN/m²]: 29.1

④ 유효연직응력[kN/m²]: 60.2, 유효수평응력[kN/m²]: 30.1

정답 3번

출제 포인트

유효응력의 원리를 이용해 깊이 5.4m 지점의 유효연직응력과 유효수평응력을 구하는 문제다. 핵심은 세 가지다. 첫째, 유효연직응력 = 전응력 − 간극수압. 둘째, 지하수면은 GL −0.9m이고 그 위 모래는 습윤단위중량 γ_t, 지하수면 아래는 포화단위중량 γ_{sat}을 쓴다. 셋째, 유효수평응력 = K_0 × 유효연직응력인데, 5.4m 지점은 점토층 내부이므로 점토의 $K_0 = 0.5$를 적용해야 한다(모래의 0.4가 아님).

NoteBase

조건 정리

GL 0.0 ~ −0.9m: 모래(지하수면 위), $\gamma_t = 18.0 kN/m^3$, $K_0 = 0.4$
GL −0.9m: 지하수면(▽), 모관수 상승 없음
GL −0.9 ~ −2.4m: 모래(포화), $\gamma_{sat} = 20.0 kN/m^3$, $K_0 = 0.4$
GL −2.4 ~ −5.4m: 점토(포화), $\gamma_{sat} = 19.0 kN/m^3$, $K_0 = 0.5$
물의 단위중량 $\gamma_w = 10 kN/m^3$, 구하는 깊이 = 지표 아래 5.4m(점토층 하단).

사용할 공식

전연직응력: $\sigma_v = \sum \gamma_i \cdot h_i$
간극수압: $u = \gamma_w \cdot h_w$ (h_w는 지하수면 아래 깊이)
유효연직응력: $\sigma'_v = \sigma_v - u$
유효수평응력: $\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v$

계산 과정

전연직응력(깊이별 단위중량 누적):
$\sigma_v = 18.0(0.9) + 20.0(1.5) + 19.0(3.0)$
$= 16.2 + 30.0 + 57.0 = 103.2 kN/m^2$
간극수압(지하수면 GL −0.9m 아래 깊이는 $5.4 - 0.9 = 4.5m$):
$u = 10 \times 4.5 = 45.0 kN/m^2$
유효연직응력:
$\sigma'_v = 103.2 - 45.0 = 58.2 kN/m^2$
유효수평응력(5.4m는 점토층, $K_0 = 0.5$):
$\sigma'_h = 0.5 \times 58.2 = 29.1 kN/m^2$

선지 판단

① 49.2 / 24.6 → X. 49.2는 지하수면 위 모래까지 전응력으로 잘못 처리하거나 단위중량을 혼동한 값이며, 올바른 유효연직응력은 58.2이다.
② 56 / 28 → X. 점토층 단위중량을 20.0으로 잘못 쓰는 등 누적 계산 오류 값으로, 정답인 58.2 / 29.1과 다르다.
③ 58.2 / 29.1 → O. $\sigma'_v = 103.2 - 45.0 = 58.2$, $\sigma'_h = 0.5 \times 58.2 = 29.1$로 정확히 일치한다.
④ 60.2 / 30.1 → X. 지하수면 위 모래(0.9m)에도 γ_{sat}이나 더 큰 값을 적용해 전응력을 과대평가한 값으로, 유효연직응력 58.2보다 크다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 유효수평응력을 구할 때 모래의 $K_0 = 0.4$를 쓰는 것이다. 구하는 깊이 5.4m는 점토층 내부이므로 그 위치의 흙(점토)의 $K_0 = 0.5$를 써야 한다. 0.4를 쓰면 $0.4 \times 58.2 = 23.28$이 되어 오답으로 빠진다. 또 지하수면 위 0.9m 모래에 $\gamma_t = 18.0$이 아닌 $\gamma_{sat} = 20.0$을 쓰면 전응력이 커져 ④로 빠진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

유효수평응력의 K_0는 "구하는 깊이가 속한 층"의 값을 쓴다는 점을 먼저 확정한다. 절차는 (1) 층별로 지하수면 위는 γ_t, 아래는 γ_{sat}으로 전응력 누적 → (2) $u = \gamma_w \times$(지하수면 아래 깊이) → (3) $\sigma'_v = \sigma_v - u$ → (4) 해당 층 K_0를 곱해 σ'_h. 모관수 상승이 없다고 했으므로 지하수면 위 흙은 습윤단위중량만 쓰고 음(−)의 간극수압은 고려하지 않는다.

암기 포인트

유효연직응력 = 전응력 − 간극수압, 유효수평응력 = $K_0 \times$유효연직응력. 간극수압은 지하수면 아래 깊이에만 γ_w를 곱한다(지표 깊이 아님). K_0는 그 지점이 속한 흙의 값. 이 문제: $\sigma'_v = 58.2$, $\sigma'_h = 0.5 \times 58.2 = 29.1$.

NoteBase

문 12. <보기>에서 Terzaghi 압밀이론에 대한 설명으로 옳은 것을 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 1차원으로만 압밀침하가 발생된다고 가정하였다.
ㄴ. 임의 시간에 발생되는 압밀침하량의 크기는 과잉간극수압의 소산정도를 나타낸다.
ㄷ. 압밀방정식의 해는 임의의 시간과 깊이에서의 과잉간극수압의 크기를 나타낸다.
ㄹ. 압밀계수 C_v를 압밀 진행 중에 변화되지 않는 상수로 가정하였다.

① ㄱ, ㄹ
② ㄴ, ㄷ
③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

Terzaghi 1차원 압밀이론의 기본 가정과 압밀방정식의 물리적 의미를 묻는 문제다. ㄱ·ㄴ·ㄷ·ㄹ이 모두 옳은 설명이어서 이를 전부 고른 4번이 정답이다. "옳은 것을 모두" 고르는 형태이므로 하나라도 틀린 보기가 있는지 검토하는 것이 핵심이다.

핵심 개념

Terzaghi 압밀이론은 포화 점토에서 하중이 가해지면 과잉간극수압이 발생하고, 시간이 지나며 물이 빠져 과잉간극수압이 소산되는 만큼 유효응력이 증가하여 침하가 진행된다고 본다. 시간계수 $T_v = \frac{C_v t}{H^2}$, 압밀도 $U = 1 - \frac{u_e}{u_0}$로 표현되며, 여기서 압밀도(침하 진행 정도)는 곧 과잉간극수압의 소산 정도와 같다. 압밀방정식 $\frac{\partial u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$의 해가 시간·깊이별 과잉간극수압 분포를 준다.

선지별 해설

ㄱ: O — Terzaghi 이론은 물의 흐름과 변형이 연직(1차원) 방향으로만 일어난다고 가정한다(1차원 압밀).
ㄴ: O — 임의 시간의 압밀침하량은 압밀도 U에 비례하고, U는 그 시점까지 소산된 과잉간극수압의 비율과 같다. 따라서 침하량 크기는 과잉간극수압의 소산 정도를 나타낸다.
ㄷ: O — 압밀방정식(확산형 편미분방정식)의 해는 $u(z, t)$ 형태로, 임의의 깊이 z와 시간 t에서의 과잉간극수압 크기를 준다.
ㄹ: O — Terzaghi 이론은 압밀계수 C_v가 압밀 진행 중 일정한 상수라고 가정한다(투수계수·압축계수 등도 일정하다고 본다).

NoteBase

오답 포인트

이 문제의 함정은 "보기 중에 틀린 것이 하나쯤 섞여 있을 것"이라는 선입견으로 ③(ㄱ,ㄴ,ㄷ)이나 ②(ㄴ,ㄷ)을 고르는 것이다. 특히 ㄴ을 "침하량은 유효응력 증가로 생기는 것이지 간극수압 소산과 무관"하다고 오해하기 쉬운데, 과잉간극수압 소산량이 곧 유효응력 증가량이므로 둘은 같은 현상이다. ㄹ의 C_v 상수 가정도 실제 흙에서는 변하지만 "이론의 가정"으로는 옳다는 점을 놓치면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

Terzaghi 1차원 압밀이론의 가정(1차원 흐름·균질 포화토·Darcy 법칙 성립·C_v와 투수계수 일정·하중 순간 재하·물과 흙입자 비압축)과 압밀방정식 해의 의미(시간·깊이별 과잉간극수압)는 모두 옳은 명제로 출제된다. "모두 고른 것"에서 이 표준 가정들이 나열되면 전부 포함한 선지를 답으로 본다.

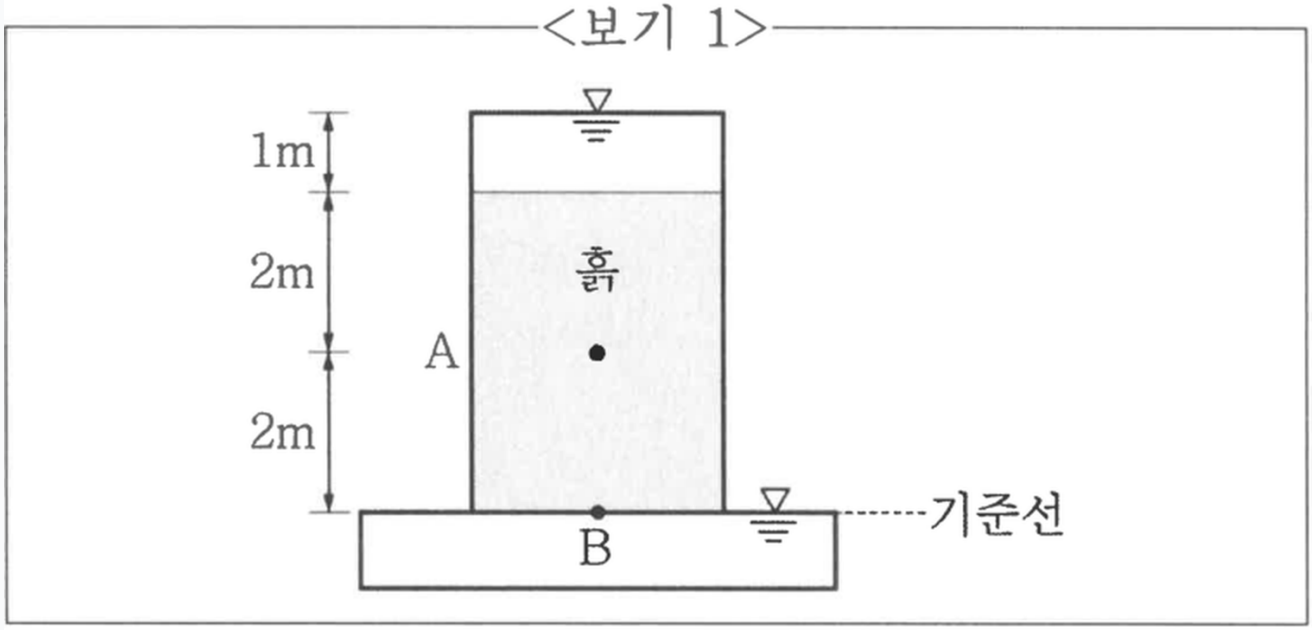
암기 포인트

압밀도 = 과잉간극수압 소산 정도 = 유효응력 증가 비율(모두 같은 값). 압밀방정식의 해 = 깊이·시간별 과잉간극수압. Terzaghi 가정: 1차원, C_v 상수. 이 세 가지가 ㄴ·ㄷ·ㄱ·ㄹ을 모두 참으로 만든다.

NoteBase

문 13. <보기 1>과 같이 흙으로 채워진 기둥이 있을 때, <보기 2>에서 옳은 것을 모두 고른 것은? (단, 기둥의 단면적은 $1m^2$이고, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$이다.)

<보기 1>



<보기 2>

ㄱ. B점에서의 침투수력은 하방향 50kN이다.

ㄴ. B점에서의 수압은 0이다.

ㄷ. A점에서의 수압은 $5kN/m^2$이다.

① ㄱ, ㄴ

② ㄱ, ㄷ

③ ㄴ, ㄷ

④ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 4번

출제 포인트

위에서 아래로 침투(하향 침투)가 일어나는 흙 기둥에서 전수두 분포를 잡고, 임의 점의 간극수압($u = \gamma_w \cdot h_p$)과 흙 전체에 작용하는 침투수력($F = \gamma_w \cdot i \cdot V$)을 계산할 수 있는지를 묻는 문제다. 핵심은 위쪽 자유수면과 아래쪽 기준선(B점) 수면 사이의 수두차(=손실수두)를 먼저 확정하는 것이다.

조건 정리

단면적 $A = 1m^2$, 물의 단위중량 $\gamma_w = 10kN/m^3$. 기준선(B점)을 기준면(표고 0)으로 둔다. 흙 위에 물 1m가 있고 그 아래 흙 기둥은 2m+2m=4m이며, A점은 흙 기둥 중앙(B로부터 표고 2m)에 있다. 위쪽 자유수면은 표고 5m에 있고(흙 4m+물 1m), B점 옆에는 기준선 높이에 수면 기호가 있어 하류 수면이 표고 0에 있다.

NoteBase

사용할 공식

전수두 $h = \frac{u}{\gamma_w} + z$ (압력수두+위치수두). 손실수두 h_L=h_위-h_아래. 동수경사 $i = \frac{h_L}{L}$. 침투수력(흙 전체) $F = \gamma_w i V$, 여기서 $V = A \cdot L$. 간극수압 $u = \gamma_w \cdot h_p$ (h_p=압력수두=전수두-위치수두).

계산 과정

위쪽 자유수면 전수두: 압력 0이므로 h_위=5 m. 아래 B점 하류 수면도 기준선(표고 0)에 있으므로 h_아래=0 m. 따라서 흙 4m 구간에서 $h_L = 5 - 0 = 5\text{m}$, $i = \frac{5}{4} = 1.25$. 침투수력
$F = \gamma_w i V = 10 \times 1.25 \times (1 \times 4) = 50\text{kN}$, 물이 위에서 아래로 흐르므로 방향은 하방향. 압력은 흙 속에서 전수두가 위(5m)에서 아래(0)로 직선 감소하므로 A점(표고 2m)의 전수두 $h_A = 5 \times \frac{2}{4} = 2.5\text{m}$, 압력수두 $h_{p,A} = 2.5 - 2 = 0.5\text{m}$, $u_A = 10 \times 0.5 = 5\text{kN/m}^2$. B점은 전수두 0, 위치수두 0이므로 압력수두 0, $u_B = 0$.

선지 판단

ㄱ: 침투수력 $F = \gamma_w i V = 10 \times 1.25 \times 4 = 50\text{kN}$이고 하향 침투이므로 방향도 하방향 → 옳다.
ㄴ: B점은 하류 수면이 같은 높이(기준선)에 있어 전수두=0, 위치수두=0 → 압력수두 0 → $u_B = 0$ → 옳다.
ㄷ: A점의 전수두 2.5m, 위치수두 2m이므로 압력수두 0.5m → $u_A = 10 \times 0.5 = 5\text{kN/m}^2$ → 옳다.
ㄱ, ㄴ, ㄷ이 모두 옳으므로 정답은 ④.

오답 포인트

ㄴ을 틀렸다고 보고 ②(ㄱ,ㄷ)를 고르기 쉽다. 'B점은 흙 4m 아래라 정수압이 클 것'이라고 착각하기 때문인데, B점 옆 기준선 수면이 곧 하류 자유수면이라 전수두=위치수두=0이 되어 압력수두가 0이 된다. 또 침투수력을 손실수두만으로 $\gamma_w h_L A = 10 \times 5 \times 1 = 50$으로 계산하면 우연히 50 kN이 나와 맞지만, 정석은 $\gamma_w i V$이며 두 식은 $iV = \frac{h_L}{L} \cdot AL = h_L A$로 같다는 점을 알아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

물 채워진 흙 기둥 문제는 (1) 위·아래 자유수면 표고로 전수두를 먼저 박고, (2) 두 수면 차이가 흙 구간의 손실수두임을 잡은 뒤, (3) 임의 점 전수두를 흙 속에서 직선보간하고 위치수두를 빼서 압력수두→간극수압을 구한다. 침투수력은 항상 $F = \gamma_w i V$로, 방향은 물 흐름 방향(여기서는 하향)과 같다.

암기 포인트

전수두=압력수두+위치수두, 손실수두=위 수면-아래 수면. 침투수력 $F = \gamma_w i V = \gamma_w h_L A$(같은 값), 방향은 흐름 방향. 자유수면과 같은 높이의 점은 간극수압 0(전수두=위치수두).

NoteBase

문 14. 10m **두께의 양면배수조건을 가지는 포화된 점토층에 무한등분포 하중** $\Delta\sigma$**를 주었을 때, 8개월 경과 시 침하량은** 80cm**이었고, 최종침하량은** 100cm**이었다. 동일한 지반에 무한등분포 하중** $2\Delta\sigma$**를 주었을 때, 최종침하량이** 200cm**라면** 80cm**의 침하가 발생하는 데 걸리는 시간은? (단, 시간계수에 따른 평균압밀도는 <보기>와 같다.)**

<보기>

평균압밀도[%]	30	40	50	60	70	80	90
시간계수	0.07	0.15	0.20	0.30	0.40	0.60	0.85

① 2개월

② 3개월

③ 4개월

④ 5개월

정답 1번

출제 포인트

압밀 침하의 시간은 시간계수 T_v에 비례한다는 것을 이용하는 문제다. 같은 지반에서는 압밀계수 c_v와 배수거리 H가 동일하므로, 두 하중 조건에서의 경과시간 비는 각 시점의 압밀도에 대응하는 T_v 비와 같다. 핵심은 (1) 각 경우의 평균압밀도 U=현재 침하량최종 침하량를 구하고, (2) <보기> 표에서 U에 대응하는 T_v를 읽어 비례식을 세우는 것이다.

조건 정리

점토층 두께 10m, 양면배수(배수거리는 한쪽이므로 $H = 5$m, 단 두 경우 동일하므로 계산엔 영향 없음). 하중 $\Delta\sigma$: 8개월 경과 시 침하 80cm, 최종침하 100cm. 하중 $2\Delta\sigma$: 최종침하 200cm, 구하는 것은 침하 80cm가 발생하는 데 걸리는 시간. 동일 지반이라 c_v와 H는 두 경우가 같다.

사용할 공식

평균압밀도 $U = \frac{S_t}{S_f}$ (현재 침하량 / 최종 침하량). 시간계수 $T_v = \frac{c_v t}{H^2}$. 같은 지반에서 c_v, H가 일정하므로 경과시간은 시간계수에 비례한다: $\frac{t_2}{t_1} = \frac{T_{v2}}{T_{v1}}$.

NoteBase

계산 과정

1단계 압밀도 계산. 하중 $\Delta\sigma$일 때 $U_1 = \frac{80}{100} = 80\%$, 하중 $2\Delta\sigma$일 때 $U_2 = \frac{80}{200} = 40\%$. 2단계 표에서 시간계수 읽기. $U_1 = 80\% \Rightarrow T_{v1} = 0.60$, $U_2 = 40\% \Rightarrow T_{v2} = 0.15$. 3단계 비례식. $t_1 = 8$ 개월이므로 t_2=t_1×(T_v2)/(T_v1)=8×(0.15)/(0.60)=8×0.25=2 개월. 따라서 80cm 침하에 걸리는 시간은 2개월이다.

선지 판단

① 2개월 → O. $U_2 = 40\%$의 $T_v = 0.15$, $U_1 = 80\%$의 $T_v = 0.60$, $t_2 = 8 \times 0.15/0.60 = 2$개월로 정확히 일치한다.
② 3개월 → X. $t = 3$개월이면 $T_v = 0.60 \times 3/8 = 0.225$로 $U \approx 50 \sim 55\%$에 해당해 침하량이 약 100~110cm가 되어 80cm와 맞지 않는다.
③ 4개월 → X. 하중 크기를 무시하고 "최종침하가 2배니 시간도 2배"라고 잘못 보면 나오는 함정값(8개월의 절반). 시간은 최종침하량이 아니라 압밀도(=T_v)로 결정된다.
④ 5개월 → X. 어떤 비례식으로도 나오지 않는 값으로, T_v 비를 쓰지 않고 임의로 잡은 값이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 두 가지다. 첫째, $2\Delta\sigma$에서 "80cm"를 $U_2 = \frac{80}{200} = 40\%$가 아니라 첫 경우처럼 80%로 착각하는 것(최종침하가 200cm로 바뀐 것을 놓침). 둘째, 하중이 2배라 침하도 2배니 시간도 비례해 절반(4개월)이라고 생각하는 것 — 압밀 "시간"은 하중 크기가 아니라 도달하려는 "압밀도"에만 달려 있다. 침하량 80cm 자체가 같아도, 최종침하가 다르면 그에 해당하는 압밀도(U)가 달라져 시간이 완전히 달라진다.

다시 나오면 이렇게 판단

동일 지반에서 하중·침하 조건만 바뀌는 압밀 시간 문제는 반드시 (1) 각 경우의 $U = \frac{S_t}{S_f}$를 먼저 구하고 (2) 표에서 T_v를 읽은 뒤 (3) $t \propto T_v$ 비례식으로 풀면 된다. "침하량이 같다"는 함정에 휘둘리지 말고 항상 "최종침하량 대비 비율(압밀도)"로 환산하는 것이 핵심이다.

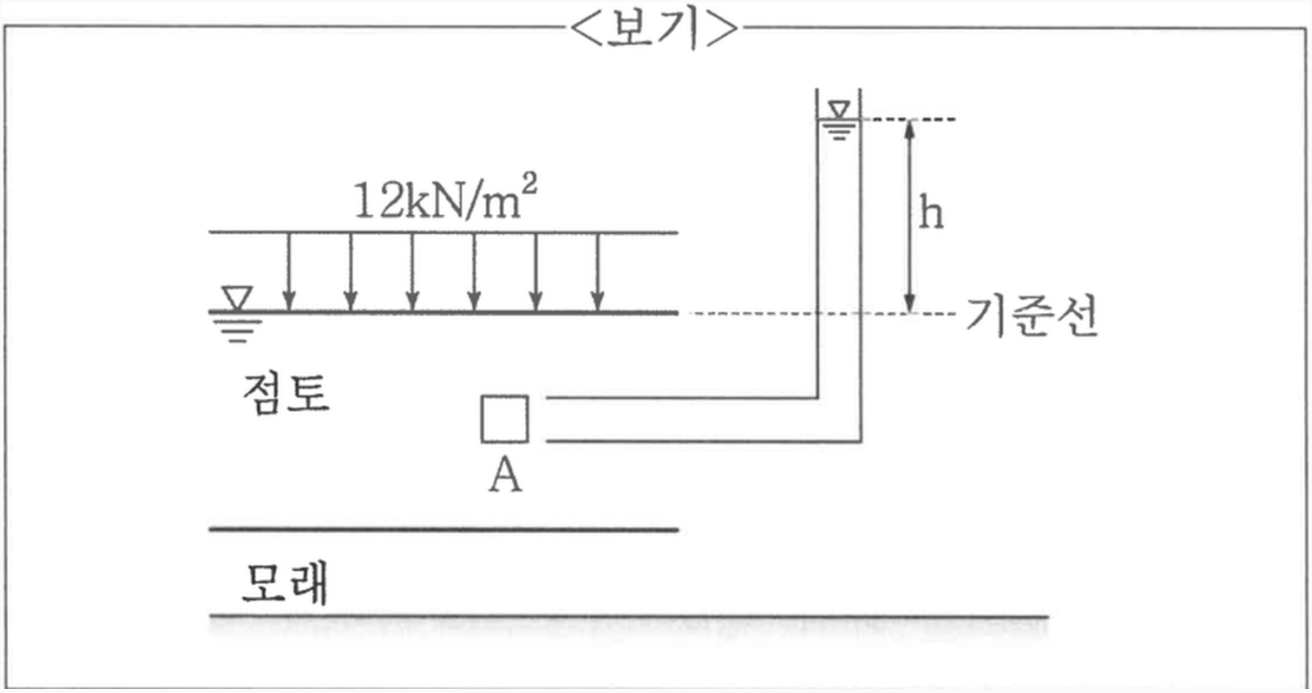
암기 포인트

동일 지반(c_v, H 일정)에서는 $t \propto T_v$. 압밀도는 U=현재 침하최종 침하로 구하고 표에서 T_v를 읽는다. 이 문제: $U_1 = 80\%(T_v = 0.60)$, $U_2 = 40\%(T_v = 0.15) \Rightarrow t_2 = 8 \times \frac{0.15}{0.60} = 2$개월.

NoteBase

문 15. <보기>와 같은 포화 점토층 표면에 무한등분포 하중 $12kN/m^2$을 가하였다. 이 무한등분포 하중에 의한 최종 침하량의 크기는 $1m$이다. 하중을 재하한 후 6개월이 되는 시점에 A점에 설치된 피에조메타 높이가 기준면에서 $0.6m$에 위치했을 때, 발생한 침하의 크기[m]는? (단, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$로 가정하며, 그림에서 주어진 피에조메타가 점토층 전체의 평균적인 수압을 나타내고 있다고 가정한다.)

<보기>



① 0.5

② 0.6

③ 0.7

④ 0.8

정답 1번

출제 포인트

피에조미터(간극수압계) 수두로 남아 있는 과잉간극수압을 읽어내고, 압밀도(U)의 정의를 통해 임의 시점의 침하량을 구하는 문제다. 핵심은 $U = 1 - \frac{\bar{u}}{u_0}$ (현재 과잉간극수압 / 초기 과잉간극수압)와 $S_t = U \cdot S_f$ 두 식을 연결하는 것이다.

NoteBase

조건 정리

무한등분포 하중 $\Delta\sigma = 12\text{kN/m}^2$ — 이것이 재하 직후 점토층 전체에 걸리는 초기 과잉간극수압 u_0와 같다.
최종(궁극) 압밀침하량 $S_f = 1\text{m}$.
물의 단위중량 $\gamma_w = 10\text{kN/m}^3$.
재하 6개월 후 피에조미터의 물 높이가 기준선에서 0.6m 위 → 남은 과잉간극수두 $h = 0.6\text{m}$ (그림의 피에조미터는 점토층 전체의 평균 수압을 나타낸다고 가정).

사용할 공식

남은 과잉간극수압: $\bar{u} = \gamma_w \cdot h$
평균 압밀도: $U = 1 - \frac{\bar{u}}{u_0} = \frac{u_0 - \bar{u}}{u_0}$
임의 시점 침하량: $S_t = U \cdot S_f$

계산 과정

1) 남은 과잉간극수압: $\bar{u} = \gamma_w \cdot h = 10 \times 0.6 = 6\text{kN/m}^2$
2) 초기 과잉간극수압: $u_0 = \Delta\sigma = 12\text{kN/m}^2$
3) 평균 압밀도: $U = 1 - \frac{6}{12} = 1 - 0.5 = 0.5$ (즉 50%)
4) 6개월 시점 침하량: $S_t = U \cdot S_f = 0.5 \times 1 = 0.5\text{m}$

선지 판단

① 0.5 → O. 남은 과잉간극수압 6kN/m^2에서 $U = 0.5$, 따라서 $S_t = 0.5 \times 1 = 0.5\text{m}$. 정답.
② 0.6 → X. 피에조미터 수두 0.6m를 그대로 침하량으로 착각한 값. 0.6m는 침하가 아니라 남은 수두다.
③ 0.7 → X. 어떤 정합적 계산으로도 나오지 않는 값.
④ 0.8 → X. 압밀도를 $U = h/(\Delta\sigma/\gamma_w)$ 등으로 거꾸로 잡거나, 과잉간극수압 비율을 반대로 적용했을 때 나오는 오류값.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 피에조미터 높이 0.6m를 "침하량"이라고 착각해 ②를 고르는 것이다. 0.6m는 아직 빠지지 않고 남아 있는 과잉간극수두이며, 이를 압력으로 환산($\gamma_w h = 6\text{kN/m}^2$)한 뒤 초기 압력 12와 비교해 압밀도를 구해야 한다. 또 하나, $U = \bar{u}/u_0$로 잘못 쓰면 0.5가 나와 우연히 답이 맞아 보일 수 있으나 식의 의미가 반대다 — 압밀도는 "빠져나간" 비율이므로 $1 - \bar{u}/u_0$가 맞다(이 문제는 50%라 우연히 같다).

다시 나오면 이렇게 판단

피에조미터·간극수압계 수두가 주어지면 먼저 $\gamma_w \times$ 수두로 남은 과잉간극수압을 만든다. 초기 과잉간극수압은 가해진 하중 $\Delta\sigma$와 같다. 압밀도는 "이미 소산된 비율" $U = (u_0 - \bar{u})/u_0$. 마지막에 침하량 = $U \times$ 최종침하량. 수두(m)와 침하량(m)을 직접 동일시하지 말 것.

NoteBase

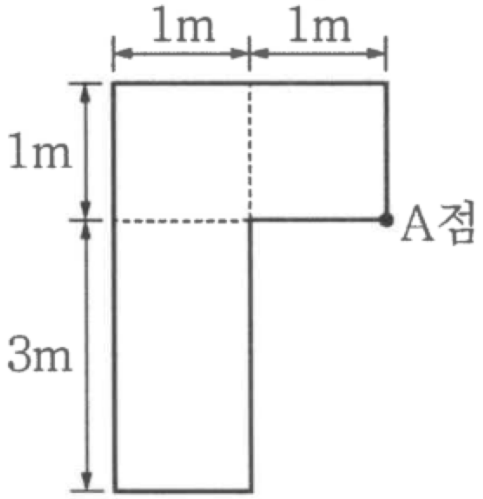
암기 포인트

압밀도 $U = 1 - \frac{\bar{u}}{u_0}$, 임의 시점 침하 $S_t = U \cdot S_f$. 과잉간극수압 = $\gamma_w \times$ (피에조미터 수두). 초기 과잉간극수압 = 재하 하중 $\Delta\sigma$. 본 문제: $U = 1 - 6/12 = 0.5 \rightarrow S_t = 0.5\text{m}$.

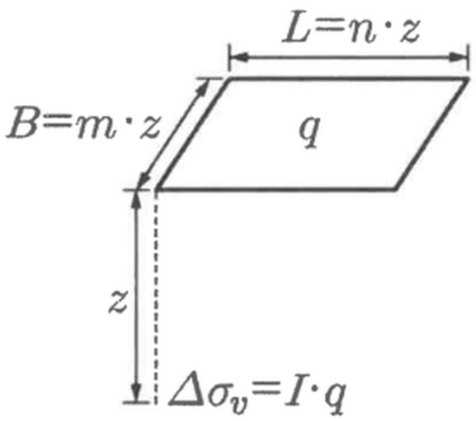
NoteBase

문 16. <보기 1>과 같은 균질 모래 지반에 하중 1,500kN이 가해지고 있다. A점 아래 깊이 2m에서 연직응력 증가량[kN/m^2]은? (단, m과 n값에 따른 영향계수 I는 <보기 2>와 같다.)

<보기 1>



<보기 2>



m	n			
	0.5	1	1.5	2
0.5	0.084	0.120	0.132	0.135
1	0.120	0.175	0.195	0.199
1.5	0.132	0.195	0.217	0.223
2	0.135	0.199	0.223	0.232

① 18.9

② 54.9

③ 94.5

④ 104.5

정답 2번

NoteBase

출제 포인트

직사각형 등분포하중 아래 임의 점의 연직응력 증가량을 영향계수 I로 구하는 문제다. 핵심은 두 가지다. 첫째, 하중 1,500 kN은 집중하중이 아니라 L자 면적 전체에 퍼진 등분포하중이므로 단위면적당 하중 q를 먼저 구해야 한다. 둘째, 영향계수 표는 $\Delta\sigma_v = I \cdot q$ 형태로 '직사각형의 한 모서리 바로 아래'에 대해서만 성립하므로, A점을 모서리로 하는 직사각형들로 L자 모양을 분해(중첩법)해야 한다.

조건 정리

L자 재하면적: 위쪽 블록은 폭 2m(=1m+1m), 높이 1m이고, 그 아래로 폭 1m, 높이 3m의 기둥이 이어진다. 전체 면적 = $2\times1 + 1\times3 = 5\text{m}^2$. 총하중 = 1,500 kN. 구하는 위치: A점(L자의 안쪽 모서리, 위 블록의 오른쪽 아래 꼭짓점) 바로 아래 깊이 z=2m. m=B/z, n=L/z, $\Delta\sigma_v = I \cdot q$.

사용할 공식

등분포하중 q=총하중재하면적. 모서리 아래 응력증가량 $\Delta\sigma_v = I \cdot q$, 여기서 $m = \frac{B}{z}$, $n = \frac{L}{z}$이고 I는 표에서 읽는다(m과 n은 서로 바꿔도 같다). 모서리가 아닌 점은 그 점을 공통 모서리로 하는 직사각형들의 합·차로 분해한다(중첩법).

계산 과정

1) 등분포하중: $q = \frac{1{,}500}{5} = 300\text{kN/m}^2$.
2) A점을 모서리로 하는 직사각형 3개로 분해(z=2m).
- R1: 위 블록 폭 2m × 높이 1m → m=2/2=1, n=1/2=0.5 → I=0.120 (더함)
- R2: A점 아래 폭 2m × 높이 3m → m=2/2=1, n=3/2=1.5 → I=0.195 (더함)
- R3: 빠져 있는 오른쪽 아래 폭 1m × 높이 3m → m=1/2=0.5, n=3/2=1.5 → I=0.132 (뺌)
R2에서 R3를 빼면 실제 왼쪽 기둥(폭 1m×3m)만 남으므로 분해가 정확하다.
3) 합성 영향계수: $I = 0.120 + 0.195 - 0.132 = 0.183$.
4) $\Delta\sigma_v = 0.183 \times 300 = 54.9\text{kN/m}^2$.

선지 판단

① 18.9 → X. 이런 값은 면적이나 분해 단계에서 q 또는 I를 잘못 잡았을 때 나오는 작은 값으로, 정상 계산과 맞지 않는다.
② 54.9 → O. $q = 300\text{kN/m}^2$, $I = 0.120 + 0.195 - 0.132 = 0.183$, $\Delta\sigma_v = 0.183 \times 300 = 54.9\ \text{kN/m}^2$.
③ 94.5 → X. 빠진 부분(R3, I=0.132)을 빼지 않고 $(0.120 + 0.195) \times 300 = 94.5$로 계산한 값이다. L자를 두 직사각형의 단순 합으로만 보면 빈 공간까지 재하한 셈이 되어 과대평가된다.
④ 104.5 → X. q나 영향계수를 더 크게 잘못 읽었을 때 나오는 과대값으로, 표값과 면적으로 검산하면 성립하지 않는다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 함정은 ③ 94.5다. L자 면적을 '위 블록 + 아래 전체 폭 직사각형'으로 더하기만 하고, 실제로는 비어 있는 오른쪽 아래 1m×3m 부분(I=0.132)을 빼지 않는 실수다. 또 하나는 1,500 kN을 집중하중으로 보고 q를 구하지 않은 채 곧바로 표값에 곱하는 실수다. 반드시 q=총하중/재하면적부터 구해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

L자·T자처럼 꺾인 재하면적이 나오면 (1) q=총하중/면적부터 구하고, (2) 구하려는 점을 공통 모서리로 삼아 직사각형의 합·차(중첩법)로 쪼갠 뒤, (3) 각 직사각형마다 m=B/z, n=L/z로 I를 표에서 읽어 $\sum(\pm I)\times q$로 합산한다. '빈 공간'에 해당하는 직사각형은 반드시 빼야 한다는 점만 기억하면 ③ 같은 함정을 피한다.

암기 포인트

모서리 아래 응력: $\Delta\sigma_v = I\cdot q$, $m = B/z$, $n = L/z$, I는 m·n 대칭. 꺾인 면적은 공통 모서리 직사각형의 합·차로 중첩. 이 문제 숫자: $q = 1500/5 = 300$, $I = 0.120 + 0.195 - 0.132 = 0.183$, 답 54.9kN/m^2.

NoteBase

문 17. <보기>에서 원위치시험 중 사운딩(sounding) 방식을 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 평판재하시험
ㄴ. 표준관입시험
ㄷ. 원추관입시험
ㄹ. 베인시험

① ㄱ, ㄷ
② ㄴ, ㄹ
③ ㄱ, ㄴ, ㄷ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ

정답 4번

출제 포인트

원위치시험(in-situ test) 중에서 '사운딩(sounding)' 방식에 속하는 시험만 골라내는 분류 문제다. 핵심은 사운딩이 무엇인가를 정확히 아는 것이다. 사운딩은 로드 끝에 저항체(콘, 샘플러, 베인 등)를 달아 지중에 관입·회전시키면서 그 저항으로 지반의 강도와 토층 상태를 추정하는 시험을 말한다. 따라서 '땅속에 찔러 넣어 저항을 재는' 시험이면 사운딩, 그렇지 않으면 사운딩이 아니다.

핵심 개념

사운딩의 정의 = 관입·회전 저항으로 지반을 평가하는 시험. 대표적 사운딩에는 표준관입시험(SPT, 동적 관입), 원추관입시험(CPT, 정적 관입), 베인시험(회전식 사운딩)이 있다. 반면 평판재하시험은 지표에 재하판을 놓고 하중을 단계적으로 가해 침하량을 측정하는 재하시험(load test)이지 관입저항을 재는 사운딩이 아니다. 즉 사운딩은 '찔러 넣어 저항 측정', 재하시험은 '눌러서 침하 측정'으로 구분하면 된다.

선지별 해설

① ㄱ, ㄷ → X. ㄷ(원추관입시험)은 사운딩이 맞지만 ㄱ(평판재하시험)은 재하시험이라 사운딩이 아니다.
② ㄴ, ㄹ → X. ㄴ(표준관입시험)과 ㄹ(베인시험)은 사운딩이 맞지만 ㄷ(원추관입시험)이 빠져 '모두 고른 것'이 되지 못한다.
③ ㄱ, ㄴ, ㄷ → X. ㄴ·ㄷ은 사운딩이지만 ㄱ(평판재하시험)은 사운딩이 아니고, 사운딩인 ㄹ(베인시험)이 빠져 있다.
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ → O. 표준관입시험(SPT)·원추관입시험(CPT)·베인시험은 모두 관입 또는 회전 저항으로 지반을 평가하는 사운딩이며, 사운딩이 아닌 평판재하시험(ㄱ)만 빠졌으므로 사운딩을 모두 정확히 고른 선지다.

NoteBase

오답 포인트

평판재하시험(ㄱ)을 사운딩으로 착각해 ①·③을 고르는 것이 가장 흔한 함정이다. 평판재하시험은 이름처럼 '재하'시험이라 사운딩과 분류 자체가 다르다. 또 베인시험(ㄹ)을 '관입이 아니라 회전이니 사운딩이 아니다'라고 잘못 판단해 ②를 고르거나 ㄹ을 빼는 실수도 잦은데, 베인시험은 회전식 사운딩으로 분류된다. '모두 고른 것'을 묻는 문항이므로 사운딩 하나라도 빠지면 오답이라는 점도 같이 챙겨야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

원위치시험 분류 문제가 나오면 먼저 '재하시험이냐 사운딩이냐'로 가른다. 재하시험(평판재하시험, 공내재하시험 등)은 하중을 가해 침하를 보는 시험이므로 사운딩에서 제외한다. 나머지 표준관입시험·원추관입시험·베인시험처럼 로드를 찔러 넣거나 돌려서 저항을 재는 시험이 사운딩이다. '모두 고른 것'이라는 표현이 보이면 해당하는 항목을 빠짐없이 다 포함한 선지를 찾아야 한다.

암기 포인트

사운딩 3총사 = 표준관입시험(SPT)·원추관입시험(CPT)·베인시험. 평판재하시험은 사운딩이 아니라 재하시험. 한 줄 암기: '찔러 넣어 저항 재면 사운딩, 눌러서 침하 재면 재하시험'. 베인시험은 회전식 사운딩이라는 점을 따로 기억하면 함정을 피한다.

NoteBase

문 18. 포화 점성토로 이루어진 사면이 있다. 53° 경사로 10m 절취 시 원호파괴가 발생하였다. 만일 이 지반에서 비교란 시료를 채취하여 비압밀비배수(UU) 삼축압축시험을 수행한다면 구속압 40kN/m^2 조건에서 축차응력[kN/m^2]은? (단, 사면해석은 안정수(stability number)를 사용하되, 안정수는 0.18로 가정하며, 점성토의 포화단위중량은 20kN/m^3이다.)

① 36

② 72

③ 76

④ 112

정답 2번

출제 포인트

Taylor의 안정수(stability number)로 사면 점착력을 역산한 뒤, 포화 점토의 UU(비압밀비배수) 삼축시험에서 축차응력과 점착력의 관계($\sigma_d = 2c_u$)로 넘어가는 2단계 연결형 문제다. 점착력 36에서 멈추면 함정(1번)에 빠지고, 한 단계 더 가서 축차응력 72까지 가야 한다.

조건 정리

절취 높이 $H = 10\text{m}$, 사면 경사 53°(공식에는 직접 안 쓰이고 안정수 0.18에 이미 반영됨), 안정수 $N_s = 0.18$, 포화단위중량 $\gamma_{sat} = 20\text{kN/m}^3$. 53° 절취 시 원호파괴가 "발생"했으므로 안전율 $F_s = 1$(한계상태). 구속압 40kN/m^2는 답을 가르지 않는 미끼 조건이다.

사용할 공식

안정수 정의: $N_s = \frac{c_u}{F_s \gamma H}$. 파괴 발생이므로 $F_s = 1 \rightarrow c_u = N_s \gamma H$. 포화 점토 UU 시험은 $\phi_u = 0$이라 파괴면 전단강도가 곧 비배수 점착력 c_u이고, 모어원 관계로 $c_u = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_d}{2}$. 따라서 축차응력 $\sigma_d = 2c_u$.

계산 과정

1단계 점착력 역산: $c_u = N_s \gamma H = 0.18 \times 20 \times 10 = 36\text{kN/m}^2$. 2단계 축차응력:
$\sigma_d = 2c_u = 2 \times 36 = 72\text{kN/m}^2$.

선지 판단

① 36 → X: 안정수로 역산한 점착력 c_u의 값일 뿐, 묻는 것은 축차응력이다. 한 단계 덜 간 답.
② 72 → O: $\sigma_d = 2c_u = 2 \times 36 = 72\text{kN/m}^2$. 정답.
③ 76 → X: 어느 공식으로도 나오지 않는 값(72에 가깝게 만든 교란 선지).
④ 112 → X: 구속압 40을 점착력 36이나 축차응력에 더하는 식의 잘못된 조작에서 나오는 함정값.
UU·포화점토에서 구속압은 축차응력에 영향을 주지 않는다.

NoteBase

오답 포인트

첫째, 점착력 $c_u = 36$을 답으로 적고 끝내는 실수(1번). 묻는 것은 "축차응력"이므로 $2c_u$까지 가야 한다. 둘째, 구속압 40kN/m^{2}를 계산에 끌어들이는 실수. 포화 점토 UU 시험은 $\phi_u = 0$이라 구속압이 달라져도 파괴 시 축차응력은 일정하므로 40은 풀이에 쓰지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

"파괴가 발생/발생 직전"이면 $F_s = 1$을 대입해 $c_u = N_s\gamma H$로 점착력부터 구한다. 그다음 묻는 대상이 c_u인지 축차응력 $\sigma_d(= 2c_u)$인지, 일축압축강도 $q_u(= 2c_u)$인지 단어를 확인한다. 포화 점토 UU에서 $\phi_u = 0$이면 구속압 수치는 미끼이니 무시한다.

암기 포인트

안정수 $N_s = \frac{c_u}{F_s\gamma H}$ (파괴 시 $F_s = 1$). 포화 점토 UU($\phi_u = 0$): $c_u = \frac{\sigma_d}{2}$, 즉 축차응력 $\sigma_d = 2c_u$, 일축압축강도 $q_u = 2c_u$. 구속압은 축차응력 크기에 무관.

NoteBase

문 19. 모래층에 놓인 폭 5m의 강성 연속기초에서 10mm의 탄성침하량이 발생하였다. 기초에 가해진 하중[kN/m²]은? (단, 흙의 푸아송비는 0.2, 탄성계수는 60MN/m², 영향계수는 무시한다.)

① 75

② 100

③ 125

④ 150

정답 3번

출제 포인트

탄성침하량 공식을 거꾸로 적용해 침하량으로부터 기초 하중을 역산하는 문제다. 푸아송비가 들어가는 $(1-\nu^2)$ 항을 빠뜨리지 않는 것이 핵심이고, 단위(MN, mm, m)를 모두 kN과 m로 통일하는 것이 함정이다.

조건 정리

기초 폭 $B = 5\text{m}$ (연속기초), 탄성침하량 $S_e = 10\text{mm} = 0.01\text{m}$, 푸아송비 $\nu = 0.2$, 탄성계수 $E = 60\text{MN/m}^2 = 60{,}000\text{kN/m}^2$, 영향계수 $I = 1$ (무시 = 1로 둔다). 구하는 값은 하중 q [kN/m²].

사용할 공식

탄성침하량은 $S_e = qB\frac{1-\nu^2}{E}I$ 이므로 하중에 대해 풀면 $q = \frac{S_eE}{B(1-\nu^2)I}$ 이다.

계산 과정

먼저 푸아송비 항을 구하면 $1-\nu^2 = 1-0.2^2 = 0.96$ 이다.
분모를 정리하면 $B(1-\nu^2)I = 5\times 0.96\times 1 = 4.8\text{m}$ 이다.
분자를 정리하면 $S_eE = 0.01\times 60{,}000 = 600$ 이다.
따라서 $q = \frac{600}{4.8} = 125\text{kN/m}^2$ 이다.

선지 판단

① 75 → X. 어떤 조합으로도 나오지 않는 값으로, 분자·분모를 잘못 배치했을 때 나오는 오답이다.
② 100 → X. 단위 환산이나 항 누락에서 자주 끌려가는 값이지만 정확한 계산값이 아니다.
③ 125 → O. $q = S_eE/[B(1-\nu^2)I] = 600/4.8 = 125\text{kN/m}^2$ 로 정확히 일치한다.
④ 150 → X. 푸아송비 항 $(1-\nu^2) = 0.96$을 빼고 $q = S_eE/(BI) = 600/5 = 120$으로 계산하면 125 근처가 나오는데, 여기서 더 단순화하거나 ν를 다르게 보면 끌려가는 함정값이다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 $(1-\nu^2)$ 항을 통째로 빼고 $q = S_e E/(BI) = 600/5 = 120$으로 계산하는 것이다(정답 125와 가까워 헷갈린다). 또 다른 실수는 $E = 60\text{MN/m}^2$를 60kN/m^2으로 잘못 쓰거나 $S_e = 10\text{mm}$를 0.01m로 바꾸지 않고 그대로 대입해 자릿수가 어긋나는 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

"탄성침하량 ↔ 하중"을 잇는 문제는 $S_e = qB(1-\nu^2)I/E$ 한 식만 외우면 무엇을 구하든 이항만 하면 된다. 먼저 mm→m, MN→kN으로 단위부터 통일하고, $1-\nu^2$를 반드시 곱한다. "영향계수 무시"는 $I = 1$로 두라는 뜻이지 항을 지우라는 뜻이 아니다.

암기 포인트

탄성침하 공식 $S_e = qB\frac{1-\nu^2}{E}I$. $\nu = 0.2 \Rightarrow 1-\nu^2 = 0.96$. 단위 변환: $1\text{MN} = 1{,}000\text{kN}$, $10\text{mm} = 0.01\text{m}$.

NoteBase

문 20. <보기>에서 연약지반 개량공법에 대한 설명으로 옳지 않은 것을 모두 고른 것은?

<보기>
ㄱ. 선행압밀공법은 구조물 시공 후에 하중을 재하하며, 주로 사질토에 적용한다.
ㄴ. 진공압밀공법은 점성토에 적용되며, 대기압을 하중으로 이용한다.
ㄷ. 표층혼합처리공법은 석회 · 시멘트를 혼합하여 심층부의 연약토를 고결한다.
ㄹ. 하중경감공법은 경량 재료를 사용하여 하중을 감소시키는 방법이다.
ㅁ. 진동다짐공법은 진동으로 느슨한 사질토를 다진다.

① ㄱ, ㄷ
② ㄱ, ㄹ
③ ㄷ, ㅁ
④ ㄴ, ㄷ, ㅁ

정답 1번

출제 포인트

연약지반 개량공법 5가지의 적용 대상 흙(점성토 vs 사질토), 하중을 가하는 시점, 처리 깊이(표층 vs 심층)를 구분할 수 있는지 묻는 문제다. 발문이 '옳지 않은 것을 모두 고른 것'이므로 틀린 설명을 전부 골라야 한다(ㄱ, ㄷ).

핵심 개념

압밀계열(점성토 대상): 선행압밀(프리로딩)은 구조물 시공 '전'에 미리 하중(성토)을 재하해 침하를 끝내는 공법이고, 진공압밀은 진공압(대기압)을 하중으로 이용하는 공법이다. 치환·고결계열: 표층혼합처리는 지표 가까운 '표층'의 연약토에 석회·시멘트를 섞어 굳히고, 심층혼합처리는 깊은 심층부를 고결한다. 하중경감공법은 EPS 등 경량재로 성토 하중 자체를 줄인다. 다짐계열(사질토 대상): 진동다짐(바이브로플로테이션)은 진동으로 느슨한 모래를 조밀하게 다진다.

선지별 해설

① ㄱ, ㄷ → O. ㄱ과 ㄷ이 모두 틀린 설명이므로 정답이다. ㄱ은 선행압밀공법을 '구조물 시공 후에 하중을 재하, 사질토에 적용'이라 했는데, 틀린 표현 '시공 후, 사질토' → 올바른 표현 '시공 전에 미리 재하, 점성토(연약 점토)에 적용'이다. ㄷ은 표층혼합처리공법이 '심층부의 연약토를 고결'한다고 했는데, 틀린 표현 '심층부' → 올바른 표현 '표층(지표 부근)의 연약토를 고결'이다(깊은 곳은 심층혼합처리공법 몫).
② ㄱ, ㄹ → X. ㄱ은 틀린 설명이 맞지만 ㄹ(하중경감공법=경량재로 하중 감소)은 옳은 설명이라 함께 묶을 수 없다.
③ ㄷ, ㅁ → X. ㄷ은 틀린 설명이 맞지만 ㅁ(진동다짐=진동으로 느슨한 사질토 다짐)은 옳은 설명이다.
④ ㄴ, ㄷ, ㅁ → X. ㄷ만 틀렸을 뿐 ㄴ(진공압밀=점성토 적용, 대기압 이용)과 ㅁ은 모두 옳은 설명이다.

NoteBase

오답 포인트

ㄴ을 틀린 것으로 착각해 ④를 고르기 쉽다. 진공압밀은 실제로 점성토에 적용하고 진공으로 만든 대기압 차를 하중으로 쓰므로 옳은 설명이다. 또 ㄱ에서 '사질토' 한 단어만 보고 진동다짐(ㅁ)과 헷갈려 ㅁ을 틀린 것으로 몰면 ③으로 오답이 된다. ㅁ은 사질토에 진동다짐을 쓴다는 옳은 설명이다.

다시 나오면 이렇게 판단

공법 이름에서 대상 흙과 시점·깊이를 먼저 떠올린다. '선행'압밀=시공 '전' 점성토, '진공'압밀=대기압 이용 점성토, '표층'혼합=지표 처리(심층 아님), '하중경감'=경량재로 하중 감소, '진동'다짐=사질토 다짐. 발문이 '옳지 않은 것'이므로 시점(전/후)·대상토(점성/사질)·깊이(표층/심층)를 바꿔치기한 선지를 표시 변경 함정으로 보면 ㄱ·ㄷ이 바로 걸린다.

암기 포인트

점성토 대상=선행압밀(시공 전 재하)·진공압밀(대기압)·표층/심층혼합(석회·시멘트 고결, 깊이로 구분)·하중경감(경량재). 사질토 대상=진동다짐·다짐모래말뚝(SCP)·바이브로플로테이션. 함정 키워드 셋: '시공 전 ↔ 시공 후', '점성토 ↔ 사질토', '표층 ↔ 심층'.

NoteBase