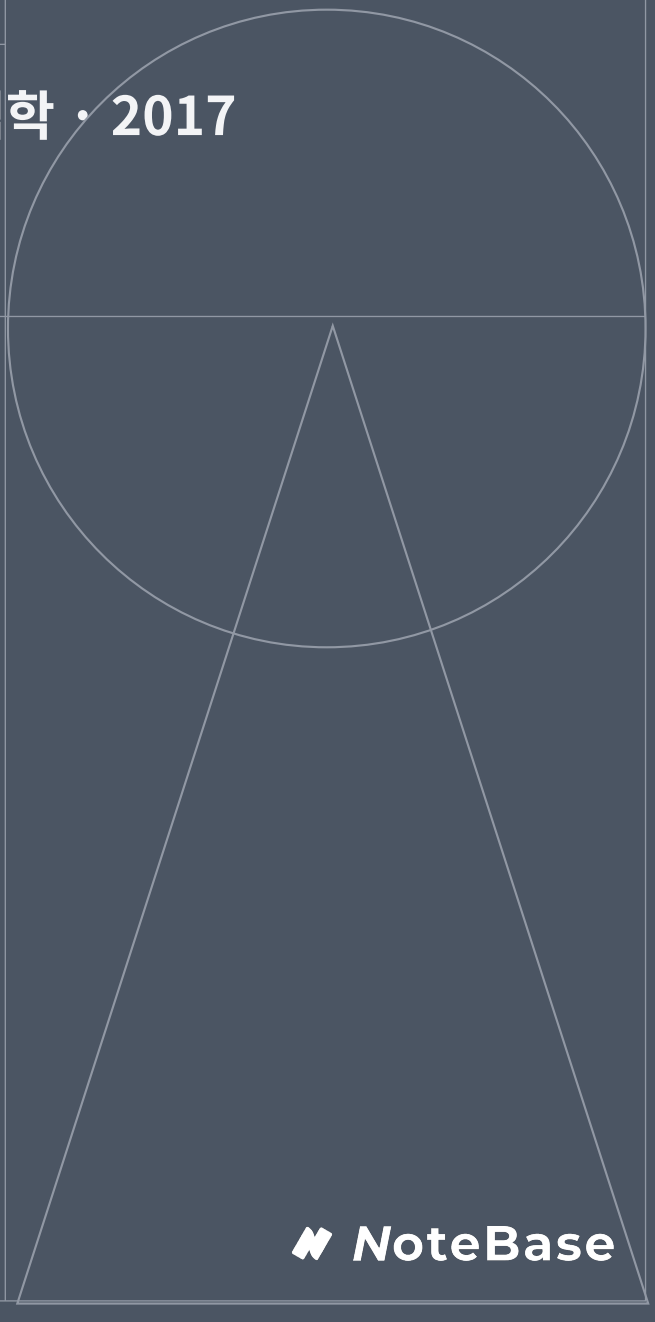
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2017



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2017

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2017

문 1. 샌드드레인 공법이 적용된 연약점토층에서 수직방향의 압밀도가 90%이고 수평방향의 압밀도가 20%인 경우, 수평 및 수직 방향의 압밀도를 조합한 평균압밀도는?

① 90.5%

② 91.0%

③ 92.0%

④ 92.5%

정답 3번

출제 포인트

샌드드레인 공법처럼 연직배수(수직방향)와 수평배수(반경방향)가 동시에 일어나는 지반에서, 각 방향의 압밀도를 조합해 전체 평균압밀도를 구하는 방법(Carrillo의 조합공식)을 알고 있는지 확인하는 문제이다.

조건 정리

수직방향 압밀도 $U_v = 90\% = 0.90$, 수평방향(반경방향) 압밀도 $U_h = 20\% = 0.20$이다. 두 방향의 압밀이 동시에 진행되므로 이를 조합한 평균압밀도 U_{avg}를 구해야 한다.

사용할 공식

샌드드레인처럼 수직배수와 수평배수가 동시에 일어날 때 조합압밀도는 각 방향에서 압밀이 완료되지 않은 부분(미압밀 잔여율)의 곱으로 전체 미압밀 잔여율을 구하는 Carrillo의 식을 사용한다.
$1 - U_{avg} = (1 - U_v)(1 - U_h)$

계산 과정

$1 - U_v = 1 - 0.90 = 0.10$, $1 - U_h = 1 - 0.20 = 0.80$이므로,
$1 - U_{avg} = 0.10 \times 0.80 = 0.08$
따라서 $U_{avg} = 1 - 0.08 = 0.92$, 즉 92.0%이다.

NoteBase

선지 판단

① 90.5% — X. 두 방향 압밀도를 단순 평균 또는 가중평균한 값과 비슷하게 보이지만, 조합압밀도는 미압밀 잔여율의 곱으로 구해야 하므로 틀린 값이다 → 올바른 값은 92.0%이다.
② 91.0% — X. 수직방향 압밀도 90%에 수평방향의 효과를 소폭만 반영한 값처럼 보이나 계산 결과와 다르다 → 올바른 값은 92.0%이다.
③ 92.0% — O. $1 - (1 - 0.90)(1 - 0.20) = 1 - 0.08 = 0.92$로 계산 결과와 정확히 일치한다.
④ 92.5% — X. 92.0%보다 크게 나온 값으로, 조합공식을 적용하지 않고 임의로 가산한 경우 나올 수 있는 오답이다 → 올바른 값은 92.0%이다.

오답 포인트

수직압밀도와 수평압밀도를 단순히 더하거나 평균을 내면 안 된다. 조합압밀도는 각 방향에서 '아직 압밀되지 않은 비율'을 곱해서 전체의 미압밀 비율을 구한 뒤 1에서 빼는 방식으로 계산해야 하며, 이 곱셈 구조를 놓치면 90.5%나 91.0% 같은 근사값으로 잘못 계산하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

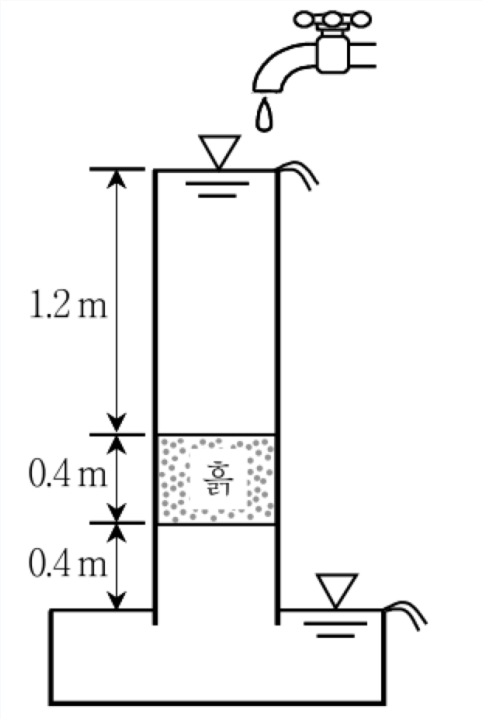
수직배수와 수평(반경)배수가 함께 작용하는 연직배수공법(샌드드레인, 팩드레인 등) 문제에서 두 방향의 압밀도가 각각 주어지면, 곧바로 $1 - U_{avg} = (1 - U_v)(1 - U_h)$ 공식을 떠올려 미압밀 잔여율의 곱으로 접근한다.

암기 포인트

조합압밀도 공식: $U_{avg} = 1 - (1 - U_v)(1 - U_h)$. 수직·수평 압밀도가 각각 주어지면 '남은 미압밀률끼리 곱한다'는 것만 기억해 두면 계산이 빨라진다.

NoteBase

문 2. 그림과 같이 일정한 수위가 유지되도록 물이 지속적으로 상부에 공급되어 하부로 흘러 나가도록 제작된 수조에 0.4 m 두께의 토사층이 있다. 이 층의 흙입자 알갱이 사이를 흐르는 실제 침투 유속은? (단, 흙의 투수계수는 $2 \times 10^{-1} cm/s$이고 간극비는 0.8이다)



① $1.00 cm/s$

② $1.25 cm/s$

③ $2.25 cm/s$

④ $2.50 cm/s$

정답 3번

출제 포인트

정수두 투수시험형 장치에서 전수두차와 시료 두께로부터 동수경사를 구하고, 다시(Darcy) 유속(겉보기 유속)을 계산한 뒤, 이를 간극비로부터 얻는 유효(간극) 단면적 비율로 나누어 실제 침투 유속(seepage velocity)까지 구하는 다단계 계산 문제이다. 겉보기 유속과 실제 침투 유속을 혼동하지 않는 것이 핵심이다.

조건 정리

흙 시료 두께 $L = 0.4$ m. 그림에서 상부 자유수면은 시료 상단보다 1.2 m 높고, 시료 하단에서 유출 수위(하부 스탠드파이프 수위)까지는 다시 0.4 m 낮다. 물은 개방 수조 구간에서는 저항 없이 흐르고 오직 흙 시료층에서만 수두 손실이 일어나므로, 전수두 손실 Δh는 상부 자유수면과 유출 수위의 높이차와 같다. 즉 $\Delta h = 1.2 + 0.4 + 0.4 = 2.0$ m이다. 투수계수 $k = 2 \times 10^{-1}$ cm/s, 간극비 $e = 0.8$.

NoteBase

사용할 공식

동수경사 $i = \frac{\Delta h}{L}$. 겉보기(Darcy) 유속 $v = ki$. 간극률 $n = \frac{e}{1+e}$. 실제 침투 유속(간극 내 실제 유속) $v_s = \frac{v}{n}$.

계산 과정

동수경사: $i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{2.0\ \text{m}}{0.4\ \text{m}} = 5$.
겉보기 유속: $v = ki = (2 \times 10^{-1}\ \text{cm/s}) \times 5 = 1.0\ \text{cm/s}$.
간극률: $n = \frac{e}{1+e} = \frac{0.8}{1.8} = 0.444$.
실제 침투 유속: $v_s = \frac{v}{n} = \frac{1.0}{0.444} = 2.25\ \text{cm/s}$.

선지 판단

① 1.00 cm/s → 이는 겉보기(Darcy) 유속 v의 값이지 간극 사이를 흐르는 실제 침투 유속이 아니다. 간극률로 나누는 과정을 빠뜨리면 나오는 오답이다. X
② 1.25 cm/s → 간극비 대신 간극률(0.8)을 그대로 나눈 값(1.0/0.8 = 1.25)에 해당하며, $n = e/(1+e)$ 관계를 쓰지 않고 e를 곧바로 간극률로 오인한 경우 나오는 값이다. X
③ 2.25 cm/s → 전수두차 2.0 m을 시료 두께 0.4 m로 나눈 동수경사 5, 이로부터 겉보기 유속 1.0 cm/s를 구하고, 다시 간극률 0.8/1.8 = 0.444로 나누어 얻는 실제 침투 유속과 일치한다. O
④ 2.50 cm/s → 전수두차를 1.2 m와 0.4 m를 합친 1.6 m로 잘못 잡거나(하부 0.4 m 구간의 수두차를 누락) 다른 수치를 대입했을 때 나올 수 있는 값으로, 정확한 전수두차 계산이 아니다. X

오답 포인트

이 문제의 함정은 두 가지이다. 첫째, 전수두차를 구할 때 흙 시료 위쪽 1.2 m뿐 아니라 시료 아래쪽에서 유출 수위까지의 0.4 m도 포함해야 한다는 점을 놓치기 쉽다(그림의 세 구간 1.2+0.4+0.4를 모두 합산). 둘째, Darcy 속도(겉보기 유속) $v = ki$와 실제 침투 유속 $v_s = v/n$을 혼동하기 쉬운데, 흙입자 알갱이 사이(간극)로만 물이 흐르므로 실제 유속은 겉보기 유속보다 항상 크다는 점을 기억해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

정수두 투수시험 도식이 나오면 먼저 전수두차(상부 자유수면과 유출 수위의 높이차)를 그림에 표시된 모든 구간 길이를 더해 구한다. 이후 동수경사 $i = \Delta h/L$(여기서 L은 시료의 두께)을 구하고, $v = ki$로 겉보기 유속을 계산한다. 마지막으로 문제에서 실제(침투) 유속을 물으면 반드시 $n = e/(1+e)$를 구해 $v_s = v/n$으로 한 단계 더 나눈다.

암기 포인트

$v = ki$(겉보기 유속), $v_s = v/n$(실제 침투 유속), $n = \frac{e}{1+e}$(간극률-간극비 관계식)를 세트로 기억해 둔다.
전수두차는 시료 양끝의 위치가 아니라 자유수면(대기압 기준) 사이의 높이차 전체로 계산한다.

NoteBase

문 3. 외력이 가해지지 않는 균질한 점성토(내부마찰각 = 0) 사면에서 파괴가 발생할 경우, 파괴면의 형상은?

① 원호파괴

② 평면파괴

③ 쐐기파괴

④ 전도파괴

정답 1번

출제 포인트

외력이 없는 균질한 점성토(ϕ = 0) 사면에서 자연 사면 붕괴가 일어날 때 파괴면이 어떤 형상을 이루는지를 묻는다. 사면안정 해석에서 흙의 종류와 조건에 따라 가정하는 파괴면 형상이 달라지는데, 균질한 점성토 사면에서는 원호파괴(circular slip failure)를 가정하는 것이 표준적인 해석 방법임을 알고 있는지 확인하는 문제이다.

핵심 개념

균질한 점성토 사면(ϕ = 0, 비배수 조건)에서 활동은 흙 내부의 임의 점을 중심으로 한 원호 모양의 활동면을 따라 발생한다. 이는 절편법(Fellenius법, Bishop법 등)이 원호 활동면을 전제로 안전율을 계산하는 이유이기도 하다. 반면 평면파괴는 절리·층리면처럼 뚜렷한 약면이 존재하는 암반 사면에서 나타나고, 쐐기파괴는 두 개 이상의 불연속면이 교차하는 암반 사면에서 나타나며, 전도파괴는 급경사의 절리를 가진 암반에서 블록이 넘어지듯 붕괴하는 형태이다. 즉 평면파괴·쐐기파괴·전도파괴는 모두 불연속면(절리, 층리)이 지배하는 암반 사면의 파괴 형태이고, 균질한 흙 사면에는 적용되지 않는다.

선지별 해설

① 원호파괴 → O, 균질한 점성토(ϕ = 0) 사면은 특정한 약면이 없으므로 흙 내부 응력 분포에 따라 곡률을 가진 원호 형태의 활동면을 따라 파괴가 진행된다. 사면안정 해석에서 가장 일반적으로 가정하는 형상이다.
② 평면파괴 → X, 평면파괴는 사면 내에 사면 경사와 유사한 방향의 뚜렷한 평면 약면(절리, 층리면 등)이 존재하는 암반 사면에서 발생하는 파괴 형태로, 균질한 흙 사면에는 해당하지 않는다.
③ 쐐기파괴 → X, 쐐기파괴는 서로 다른 방향의 두 불연속면이 교차하여 쐐기 모양의 블록이 미끄러지는 암반 사면의 파괴 형태로, 균질한 흙에는 나타나지 않는다.
④ 전도파괴 → X, 전도파괴는 급경사의 절리군을 가진 암반에서 기둥 모양의 블록들이 넘어지면서 붕괴하는 형태로, 불연속면이 없는 균질한 점성토 사면에는 해당하지 않는다.

NoteBase

오답 포인트

평면파괴·쐐기파괴·전도파괴는 모두 암반 사면에서 절리나 층리 같은 불연속면의 방향과 교차 상태에 따라 결정되는 파괴 형태라는 공통점을 놓치면 혼동하기 쉽다. 문제에서 '균질한 점성토'라는 조건이 주어지면 불연속면 지배형 파괴(평면·쐐기·전도)는 애초에 성립할 수 없다는 점을 먼저 걸러내야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

사면 파괴 유형 문제는 먼저 사면 재료가 흙(균질, 등방)인지 암반(절리·층리 등 불연속면 존재)인지부터 구분한다. 흙 사면이면 원호파괴, 암반 사면이면 절리 방향과 사면 경사의 관계에 따라 평면파괴·쐐기파괴·전도파괴 중 하나를 선택하는 순서로 접근한다.

암기 포인트

균질한 흙 사면은 원호파괴, 암반 사면의 불연속면 지배 파괴는 평면·쐐기·전도파괴로 구분하여 기억해 둔다.

NoteBase

문 4. 점착력 15kN/m^2, 내부마찰각 0, 습윤단위중량 20kN/m^{3}인 평평한 지반을 흙막이 없이 연직으로 무지보 굴착(Open cut)할 때, 이론적으로 안정을 유지하면서 굴착 가능한 최대 깊이는?

① 1.5m

② 2.0m

③ 2.5m

④ 3.0m

정답 4번

출제 포인트

내부마찰각이 0인 점토 지반(비배수 조건)을 무지보로 연직 굴착할 때 안정을 유지할 수 있는 한계깊이, 즉 한계굴착고(임계고, critical height)를 구하는 공식을 아는지 확인하는 문제이다. 연직 굴착면의 흙은 자중에 의한 토압과 점착력에 의한 저항이 균형을 이루는 깊이까지만 무너지지 않고 서 있을 수 있다.

조건 정리

점착력 $c = 15\ \text{kN/m}^2$, 내부마찰각 $\phi = 0$, 습윤단위중량 $\gamma_t = 20\ \text{kN/m}^3$인 지반을 흙막이 없이 연직으로 굴착한다. 지표면은 평평하고 지표에 별도의 상재하중은 없다. 이때 안정을 유지하면서 굴착 가능한 최대 깊이(한계굴착고) H_c를 구한다.

사용할 공식

연직 굴착면의 한계고는 다음과 같다.

$H_c = \frac{4c}{\gamma_t} \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$

여기서 $\tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$는 수동토압계수의 제곱근에 해당하는 값이다. 내부마찰각 $\phi = 0$인 경우 이 값은 $\tan 45^\circ = 1$이 되므로 식은 $H_c = \frac{4c}{\gamma_t}$로 단순화된다.

계산 과정

$\phi = 0$이므로 $\tan\left(45^\circ + \frac{0}{2}\right) = \tan 45^\circ = 1$이다. 따라서

$H_c = \frac{4c}{\gamma_t} \times 1 = \frac{4 \times 15}{20} = \frac{60}{20} = 3.0\ \text{m}$

즉 이 지반을 무지보로 연직 굴착했을 때 안정을 유지할 수 있는 최대 깊이는 3.0 m이다.

NoteBase

선지 판단

① 1.5 m: $4c/\gamma_t$의 절반에 해당하는 값으로, 한계고 공식을 잘못 적용(예: 계수를 2로 착각)한 경우 나오는 값이다. 오답이다.
② 2.0 m: 단위중량과 점착력을 단순 비교하거나 다른 계수를 곱해 얻어지는 값으로, 올바른 공식을 적용한 결과가 아니다. 오답이다.
③ 2.5 m: 한계고 공식의 계수를 정확히 적용하지 않았을 때 나올 수 있는 근사값으로, $4 \times 15/20 = 3.0$ m라는 정확한 계산값과 다르다. 오답이다.
④ 3.0 m: $H_c = 4c/\gamma_t \times \tan(45^\circ + \phi/2) = 4 \times 15/20 \times 1 = 3.0$ m로 정확히 계산된 값이다. 정답이다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 한계고 공식의 계수 4를 빠뜨리거나 2로 잘못 기억하는 것이다. 얕은기초 지지력 공식 등 다른 토질 공식과 혼동해 계수를 다르게 적용하면 1.5 m나 2.0 m처럼 틀린 값이 나온다. 또한 내부마찰각이 0이라는 조건을 놓치고 $\tan(45^\circ + \phi/2)$ 항을 다른 값으로 계산하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

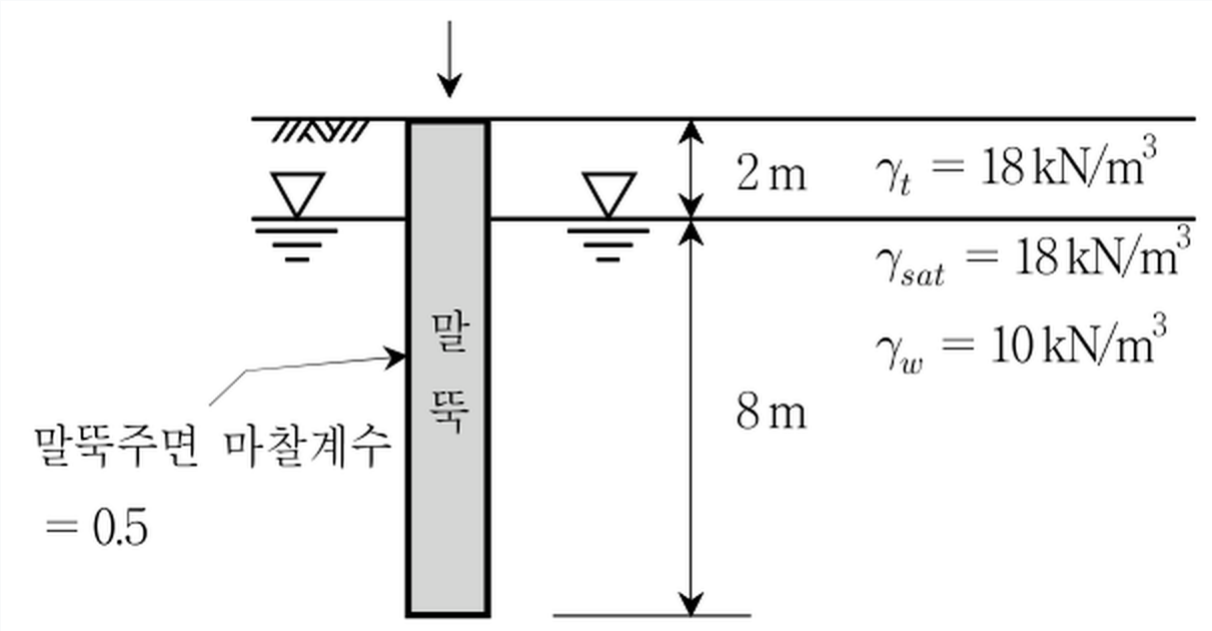
무지보 연직 굴착의 한계깊이(한계고)를 묻는 문제는 항상 $H_c = \frac{4c}{\gamma_t}\tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$ 공식을 먼저 떠올린다. 점토(포화 점성토, 비배수 조건)처럼 내부마찰각이 0으로 주어지면 이 식은 $H_c = 4c/\gamma_t$로 단순화되므로 계수 4를 빠뜨리지 않도록 주의하며 계산한다.

암기 포인트

연직 굴착면 한계고 공식: $H_c = \frac{4c}{\gamma_t}\tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$. $\phi = 0$일 때는 $H_c = 4c/\gamma_t$로 단순화된다는 점을 기억해 둔다.

NoteBase

문 5. 그림과 같이 길이 10m, 선단면적 0.1m^2, 단면 둘레의 길이 1m인 말뚝이 사질토 지반에 근입될 경우, 말뚝의 극한지지력은? (단, 말뚝 극한선단지지력 산정 시 N_q항($N_q = 21$)만을 고려하고, 한계(극한)주면마찰력과 극한선단지지력은 유효응력에 비례하여 증가한다고 가정한다)



① 400kN

② 500kN

③ 710kN

④ 900kN

정답 2번

출제 포인트

말뚝의 극한지지력을 선단지지력과 주면마찰력의 합으로 구하는 문제이다. 선단지지력은 말뚝 선단(깊이 10 m)에서의 유효응력에 지지력계수 N_q를 곱해서 구하고, 주면마찰력은 지층별 유효응력에 마찰계수를 곱한 마찰응력을 주면적에 곱해 구한다. 지하수위 아래에서는 유효단위중량(수중단위중량)을 사용해야 한다는 점이 핵심이다.

조건 정리

말뚝 길이 $L = 10\text{m}$, 선단면적 $A_p = 0.1\text{m}^2$, 단면 둘레(주면장) $p = 1\text{m}$

지표~지하수위(0~2 m): $\gamma_t = 18\text{kN/m}^3$

지하수위~선단(2~10 m, 8 m 구간): $\gamma_{sat} = 18\text{kN/m}^3$, $\gamma_w = 10\text{kN/m}^3$ 이므로 수중단위중량

$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 8\text{kN/m}^3$

선단지지력계수 $N_q = 21$, 주면마찰계수 $f = 0.5$

NoteBase

사용할 공식

극한선단지지력: $Q_p = N_q \sigma_v' A_p$
주면마찰력(층별): Q_s,i=(마찰계수)×(평균 유효응력)× p×(층두께)
극한지지력: $Q_u = Q_p + \sum Q_{s,i}$

계산 과정

말뚝 선단(깊이 10 m)에서의 유효응력: $\sigma_v' = 18 \times 2 + 8 \times 8 = 36 + 64 = 100 \text{kN/m}^2$
극한선단지지력: $Q_p = 21 \times 100 \times 0.1 = 210 \text{kN}$
0~2 m 구간(지하수위 위): 유효응력이 0에서 36 kN/m^2까지 선형 증가하므로 평균 유효응력 $= 18 \text{kN/m}^2$
이 구간 주면마찰력: $Q_{s1} = 0.5 \times 18 \times 1 \times 2 = 18 \text{kN}$
2~10 m 구간(지하수위 아래): 유효응력이 36에서 100 kN/m^2까지 선형 증가하므로 평균 유효응력 $= 68 \text{kN/m}^2$
이 구간 주면마찰력: $Q_{s2} = 0.5 \times 68 \times 1 \times 8 = 272 \text{kN}$
전체 주면마찰력: $Q_s = 18 + 272 = 290 \text{kN}$
극한지지력: $Q_u = Q_p + Q_s = 210 + 290 = 500 \text{kN}$

선지 판단

① 400 kN: 선단지지력과 주면마찰력 중 한 항목의 계산 과정에서 지하수위 아래 구간의 유효응력 증가를 과소 반영하면 나올 수 있는 값으로, 500 kN보다 작으므로 오답이다.
② 500 kN: 선단지지력 210 kN과 주면마찰력 290 kN을 유효응력 기준으로 정확히 계산해 합산한 값과 일치하므로 정답이다.
③ 710 kN: 지하수위 아래 구간에서 수중단위중량 대신 포화단위중량(전응력)을 그대로 사용해 유효응력을 과대평가하면 나올 수 있는 값으로 오답이다.
④ 900 kN: 전 구간에 걸쳐 수압을 고려하지 않고 전응력만으로 계산하면 나올 수 있는 값으로, 유효응력 개념을 반영하지 않은 오답이다.

오답 포인트

이 문제의 핵심 함정은 지하수위 아래 구간의 유효응력 계산이다. 지하수위 아래에서는 포화단위중량이 아니라 수중단위중량(포화단위중량에서 물의 단위중량을 뺀 값)을 사용해서 유효응력을 누적해야 한다. 이를 빠뜨리고 포화단위중량을 그대로 쓰면 유효응력이 과대평가되어 710 kN이나 900 kN 같은 큰 값이 나온다. 또한 주면마찰력은 층 두께 전체가 아니라 각 층의 평균 유효응력(층 상단과 하단 값의 평균)을 사용해야 한다는 점도 놓치기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

말뚝 지지력 문제는 항상 (1) 각 깊이에서의 유효응력 프로파일을 먼저 그리고, (2) 지하수위 위아래로 단위중량을 구분(위는 습윤단위중량, 아래는 수중단위중량)한 뒤, (3) 선단지지력은 선단 유효응력에 N_q를 곱하고, (4) 주면마찰력은 층별 평균 유효응력에 마찰계수와 주면적을 곱해 합산하는 순서로 접근한다.

암기 포인트

선단지지력 $Q_p = N_q \sigma'_v A_p$, 주면마찰력은 층별 평균 유효응력 기준으로 산정하며, 지하수위 아래는 항상 수중단위중량($\gamma_{sat} - \gamma_w$)을 사용한다.

NoteBase

문 6. 사질토에서 전단 중 발생하는 부피팽창현상(다일러턴시, Dilatancy)이 가장 크게 발생하기 위한 조건은?

① 높은 구속압과 높은 상대밀도
② 낮은 구속압과 높은 상대밀도
③ 높은 구속압과 낮은 상대밀도
④ 낮은 구속압과 낮은 상대밀도

정답 2번

출제 포인트

사질토의 전단거동에서 다일러턴시(다일레이턴시, dilatancy) 즉 전단 중 부피가 팽창하는 현상이 언제 가장 크게 나타나는지를 묻는 문제이다. 다일러턴시는 조밀한 모래가 전단될 때 입자들이 서로 맞물린 상태를 타고 넘어가야 하므로 부피가 늘어나는 현상으로, 상대밀도(조밀함의 정도)와 구속압(주변에서 누르는 압력) 두 조건이 함께 작용해 그 크기가 결정된다.

핵심 개념

상대밀도가 높을수록(조밀한 모래일수록) 입자 배열이 치밀하게 맞물려 있어 전단 시 서로를 타고 넘으려면 부피가 크게 팽창해야 하므로 다일러턴시가 커진다. 반대로 느슨한 모래는 입자 사이 공극이 넉넉해 전단되어도 부피가 오히려 줄어드는 압축(수축)거동을 보인다. 구속압이 낮을수록 입자를 짓누르는 힘이 약해 팽창을 방해하는 저항이 작으므로 다일러턴시가 뚜렷하게 나타나고, 구속압이 높아지면 큰 압력이 부피 팽창을 억제해 조밀한 모래라도 다일러턴시 경향이 줄어들고 압축적으로 거동하게 된다. 따라서 다일러턴시가 가장 크게 발생하는 조건은 상대밀도는 높고 구속압은 낮은 경우이다.

선지별 해설

① 높은 구속압과 높은 상대밀도 → X: 상대밀도는 다일러턴시에 유리한 조건이지만 구속압이 높으면 부피 팽창이 억제되어 다일러턴시가 크게 나타나기 어렵다.
② 낮은 구속압과 높은 상대밀도 → O: 조밀한 입자 배열(높은 상대밀도)과 팽창을 억제하지 않는 낮은 구속압이 함께 갖추어져 다일러턴시가 가장 크게 발생하는 조건이다.
③ 높은 구속압과 낮은 상대밀도 → X: 느슨한 모래는 애초에 압축(수축)거동을 보이는 경우가 많고, 높은 구속압까지 더해지면 다일러턴시와는 반대 방향으로 거동한다.
④ 낮은 구속압과 낮은 상대밀도 → X: 구속압은 낮아 팽창에 유리한 조건이지만 상대밀도가 낮아(느슨한 모래) 입자가 서로 맞물려 넘어갈 필요가 없어 부피 팽창이 크게 일어나지 않는다.

NoteBase

오답 포인트

다일러턴시를 단순히 '구속압이 낮으면 무조건 크다'거나 '상대밀도가 높으면 무조건 크다'는 식으로 한 가지 조건만 보고 판단하면 안 된다. 두 조건이 동시에 조밀함(높은 상대밀도)과 압력 해방(낮은 구속압) 방향으로 맞아떨어져야 다일러턴시가 최대로 나타난다는 점을 놓치면 ①이나 ④를 고르는 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

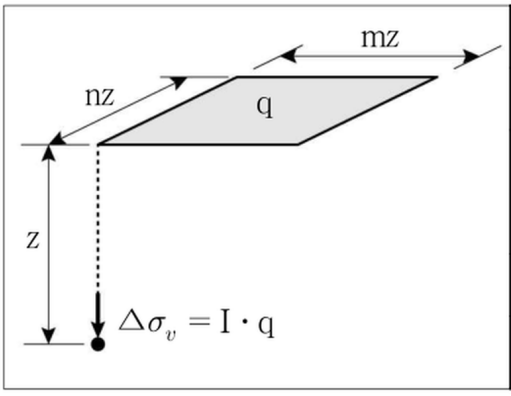
다일러턴시 관련 문제는 상대밀도(조밀함)와 구속압(구속조건) 두 축을 각각 따로 따진 뒤 조합한다. 조밀할수록, 구속압이 낮을수록 팽창(다일러턴시) 경향이 커지고, 느슨할수록, 구속압이 높을수록 압축(수축) 경향이 커진다고 정리하면 어떤 조합이 제시되어도 바로 판단할 수 있다.

암기 포인트

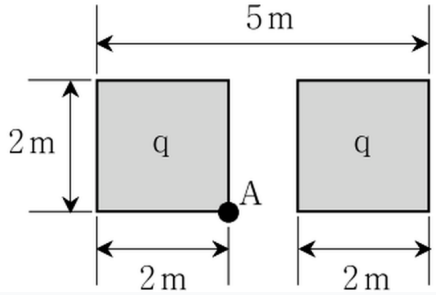
다일러턴시 최대 조건: 조밀(높은 상대밀도) + 저구속압. 반대로 압축(수축)거동 조건: 느슨(낮은 상대밀도) + 고구속압으로 짝지어 기억해 둔다.

NoteBase

문 7. 그림과 같이 두 사각형 기초에 $100kN/m^2$의 등분포 하중(q)이 작용할 때, A점 $4m$ 아래에서 등분포 하중으로 인해 증가하는 연직응력($\Delta\sigma_v$)은? (단, m, n 값에 따른 영향계수 I는 표와 같다)



m	0.25	0.5	0.75	1
n	0.5	0.5	0.5	0.5
I	0.05	0.08	0.11	0.12
m	0.25	0.5	0.75	1
n	1	1	1	1
I	0.07	0.12	0.15	0.18



① $12kN/m^2$

② $14kN/m^2$

③ $16kN/m^2$

④ $18kN/m^2$

정답 2번

출제 포인트

등분포 하중을 받는 사각형 기초 아래 임의 점의 연직응력 증가량을 뉴마크(Newmark) 영향계수법으로 구하는 문제이다. A점이 한 기초의 모서리 위에 있고 다른 기초와는 모서리가 어긋나 있으므로, 모서리가 맞지 않는 기초는 사각형을 더하고 빼는 중첩법(superposition)으로 처리할 수 있어야 한다.

조건 정리

등분포 하중 $q = 100$ kN/m^2, 두 정사각형 기초는 각각 폭 2 m × 길이 2 m이다. A점은 왼쪽 기초의 우측 모서리(하중이 시작되는 모서리)에 정확히 위치하며, 오른쪽 기초는 A점으로부터 1 m 떨어진 지점에서 시작하여 2 m 폭으로 이어진다(왼쪽 기초 2 m + 간격 1 m + 오른쪽 기초 2 m = 전체 5 m). 응력을 구하는 깊이는 A점 아래 $z = 4$ m 지점이다.

NoteBase

사용할 공식

뉴마크 코너법: 사각형 등분포 하중의 한 모서리 바로 아래 깊이 z에서의 연직응력 증가량은 $\Delta\sigma_v = I \cdot q$이며, 영향계수 I는 $m = B/z,\ n = L/z$에 대응하는 표의 값을 사용한다(B, L은 그 모서리를 기준으로 한 사각형의 두 변 길이). A점이 사각형의 모서리 위에 있지 않은 경우에는, A점을 공통 모서리로 하는 두 개의 큰 사각형의 응력 차이로 실제 하중 면적의 응력을 구한다(중첩법).

계산 과정

① 왼쪽 기초: A점이 이 기초의 모서리에 바로 위치하므로 그대로 코너법을 적용한다.
$m = B/z = 2/4 = 0.5,\ n = L/z = 2/4 = 0.5 \rightarrow$ 표에서 $I_1 = 0.08$. 따라서
$\Delta\sigma_{v1} = 0.08 \times 100 = 8\ \text{kN/m}^2$.
② 오른쪽 기초: A점은 이 기초의 모서리 위에 있지 않고, 기초와 A점 사이에 1 m의 간격이 있다. A점을 공통 모서리로 삼아 두 개의 가상 사각형을 만든다.
(가) A점에서 오른쪽 기초의 먼 모서리까지: 폭 $B = 1 + 2 = 3$ m, 길이 $L = 2$ m $\rightarrow$
$m = 3/4 = 0.75,\ n = 2/4 = 0.5 \rightarrow I = 0.11$.
(나) A점에서 오른쪽 기초의 가까운 모서리(간격 부분)까지: 폭 $B = 1$ m, 길이 $L = 2$ m $\rightarrow$
$m = 1/4 = 0.25,\ n = 2/4 = 0.5 \rightarrow I = 0.05$.
실제 오른쪽 기초만의 영향계수는 두 값의 차이이다: $I_2 = 0.11 - 0.05 = 0.06$. 따라서
$\Delta\sigma_{v2} = 0.06 \times 100 = 6\ \text{kN/m}^2$.
③ 전체 응력 증가량은 두 기초의 영향을 합한 값이다: $\Delta\sigma_v = \Delta\sigma_{v1} + \Delta\sigma_{v2} = 8 + 6 = 14\ \text{kN/m}^2$.

선지 판단

① 12 kN/m^2 — X, 왼쪽 기초 성분(8)과 오른쪽 기초 성분(6)을 정확히 합산하지 않았을 때 나오는 값으로, 간격을 고려한 중첩 계산과 맞지 않는다.
② 14 kN/m^2 — O, 왼쪽 기초의 코너법 값 8 kN/m^{2}와 오른쪽 기초의 중첩법(뺄셈) 값 6 kN/m^{2}를 더한 결과와 일치한다.
③ 16 kN/m^2 — X, 오른쪽 기초를 중첩법으로 빼지 않고 두 사각형(m=0.75,n=0.5의 I=0.11)을 그대로 더하면 나올 수 있는 값이나, 이는 간격 부분을 실제 하중 면적으로 잘못 포함한 값이다.
④ 18 kN/m^2 — X, 오른쪽 기초에 간격을 무시하고 왼쪽 기초와 동일하게 모서리 코너법(I=0.08)을 적용해 8+8을 시도해도 나오지 않으며, 표의 다른 열 값을 잘못 조합했을 때 나올 수 있는 오답이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 오른쪽 기초에도 왼쪽 기초처럼 그대로 코너법을 적용해 버리는 것이다. 오른쪽 기초는 A점과 1 m 간격을 두고 떨어져 있으므로, A점이 그 기초의 모서리 위에 있지 않다. 이럴 때는 A점을 공통 모서리로 하는 큰 사각형(간격+기초)에서 간격만의 사각형을 빼는 중첩법을 반드시 사용해야 하며, 이를 빼지 않고 더하면 하중이 없는 간격 부분까지 하중이 있는 것으로 계산하는 오류가 발생한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

기초 하중 문제에서 응력을 구하려는 점이 사각형의 모서리 바로 위에 있는지부터 확인한다. 모서리 위에 있으면 그 변의 길이로 바로 $m = B/z,\ n = L/z$를 구해 표에서 I를 읽는다. 모서리 위에 있지 않고 옆으로 떨어져 있으면, 그 점을 공통 모서리로 하는 큰 사각형(먼 쪽까지)에서 간격에 해당하는 작은 사각형(가까운 쪽까지)을 빼서 실제 하중 면적만의 영향계수를 얻는다.

암기 포인트

뉴마크 코너법 공식은 $\Delta\sigma_v = I \cdot q, m = B/z,\ n = L/z$이다. 점이 하중 면적의 모서리 위가 아니면 '먼 사각형 I − 가까운 사각형 I'로 중첩해서 계산한다는 원칙을 기억해 둔다.

NoteBase

문 8. 사질토 시료로 압밀배수 삼축압축시험(CD 시험)을 수행한 결과 유효구속압력(σ'_3)은 300kN/m^2, 파괴 시 유효축차응력 ($\sigma'_1 - \sigma'_3$)은 807kN/m^{2}로 측정되었을 때, 흙의 내부마찰각은? (단, $\sqrt{2} = 1.41$이다)

① 25 °

② 30 °

③ 35 °

④ 45 °

정답 3번

출제 포인트

압밀배수(CD) 삼축압축시험에서 파괴 시 측정된 유효구속압력과 유효축차응력만으로 흙의 내부마찰각을 구하는 문제이다. 사질토는 점착력이 없으므로($c' = 0$) 모아 파괴포락선이 원점을 지나는 직선이 되고, 이 경우 파괴 시 주응력비로부터 내부마찰각을 바로 구할 수 있다는 점이 핵심이다.

조건 정리

유효구속압력(최소주응력) $\sigma'_3 = 300$ kN/m^2, 파괴 시 유효축차응력 $\sigma'_1 - \sigma'_3 = 807$ kN/m^{2}이다. 이로부터 파괴 시 유효최대주응력은 $\sigma'_1 = \sigma'_3 + (\sigma'_1 - \sigma'_3) = 300 + 807 = 1107$ kN/m^{2}이다. 사질토(CD 시험, 배수 조건)이므로 점착력은 $c' = 0$으로 둔다.

사용할 공식

점착력이 0인 흙의 모아 파괴포락선은 원점을 지나므로, 파괴 시 모아원과 포락선의 관계로부터 다음이 성립한다.
$\sin\phi' = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{\sigma'_1 + \sigma'_3}$

계산 과정

분자는 파괴 시 유효축차응력이고 분모는 두 주응력의 합이다. $\sin\phi' = \frac{807}{1107 + 300} = \frac{807}{1407} \approx 0.574$
$\sin 35° \approx 0.574$이므로 $\phi' = 35°$이다.

선지 판단

① 25° X: $\sin 25° \approx 0.423$으로 계산된 0.574와 맞지 않는다.
② 30° X: $\sin 30° = 0.5$로 계산된 0.574보다 작아 맞지 않는다.
③ 35° O: $\sin 35° \approx 0.574$로 계산 결과와 일치한다.
④ 45° X: $\sin 45° \approx 0.707$로 계산된 0.574보다 커서 맞지 않는다.

NoteBase

오답 포인트

가장 흔한 실수는 분모를 $\sigma'_1 + \sigma'_3$이 아니라 $2\sigma'_3$이나 σ'_3만 쓰는 것인데, 이러면 값이 커져 45°와 같은 큰 각을 답으로 착각하기 쉽다. 또한 σ'_1을 807로 그대로 쓰고 σ'_3를 더하지 않는 실수도 나온다. 축차응력($\sigma'_1 - \sigma'_3$)과 최대주응력(σ'_1)을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

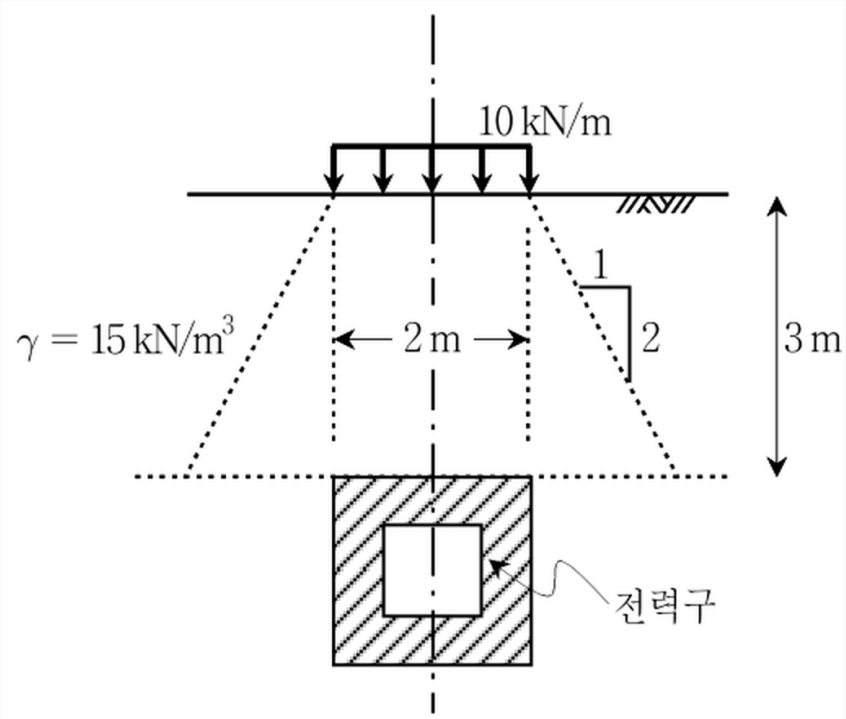
CD 시험에서 사질토(또는 정규압밀 점토처럼 $c' = 0$으로 볼 수 있는 흙)의 내부마찰각을 묻으면, 먼저 $\sigma'_1 = \sigma'_3 + (\sigma'_1 - \sigma'_3)$로 최대주응력을 구한 뒤 $\sin\phi' = (\sigma'_1 - \sigma'_3)/(\sigma'_1 + \sigma'_3)$ 공식에 대입한다. 선지가 5°, 10° 단위의 각도로 주어지면 $\sin 25^\circ \approx 0.42$, $\sin 30^\circ = 0.5$, $\sin 35^\circ \approx 0.57$, $\sin 45^\circ \approx 0.71$ 정도의 근사값을 기억해 두면 빠르게 검산할 수 있다.

암기 포인트

점착력이 0인 흙의 파괴 시 관계식 $\sin\phi' = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{\sigma'_1 + \sigma'_3}$을 암기해 둔다. 이는 모아원의 반지름(축차응력의 절반)과 원점에서 모아원 중심까지 거리(주응력 합의 절반)의 비가 곧 $\sin\phi'$가 된다는 기하학적 관계에서 나온다.

NoteBase

문 9. 그림과 같이 깊이 3*m*에 종방향으로 매설된 전력구 중심선을 따라 지표면에 10kN/m의 등분포 띠하중이 작용할 경우, 이로 인해 전력구의 윗면에 증가되는 등분포 하중은? (단, 등분포 띠하중과 전력구의 폭은 2*m*로 동일하며, 띠하중은 지중으로 2:1의 경사로 퍼져 등분포 하중으로 작용한다)



① 1.6kN/m

② 4.0kN/m

③ 5.0kN/m

④ 8.0kN/m

정답 2번

출제 포인트

지표면의 등분포 띠하중이 깊이에 따라 좌우로 퍼져나갈 때(2:1 하중 분산법), 매설 구조물 상단에서의 감소된(또는 재분배된) 등분포 하중 크기를 구하는 문제이다. 하중의 총량은 깊이와 무관하게 보존되고, 퍼진 폭만큼 나뉘어 강도가 낮아진다는 원리를 적용한다.

조건 정리

지표면 띠하중 강도 $q_1 = 10\ \mathrm{kN/m^2}$, 띠하중 폭과 전력구 폭 모두 $B_1 = 2\ \mathrm{m}$, 매설 깊이 $z = 3\ \mathrm{m}$, 분산 경사는 연직:수평 $= 2 : 1$이다. 즉 연직으로 2만큼 내려갈 때 수평으로 1만큼 퍼진다.

NoteBase

사용할 공식

한쪽 면의 수평 확산 폭 $x = \frac{z}{2}$(2:1 경사이므로), 확산 후 전체 폭 $B_2 = B_1 + 2x$, 하중의 총합(단위 길이당)은 변하지 않으므로 $q_1 B_1 = q_2 B_2$에서 $q_2 = \frac{q_1 B_1}{B_2}$.

계산 과정

한쪽 확산 폭은 $x = \frac{3}{2} = 1.5$ m이다. 양쪽으로 퍼지므로 확산 후 전체 폭은 $B_2 = 2 + 2 \times 1.5 = 5$ m이다. 지표면에서 작용하는 하중의 총량(단위 길이당)은 $q_1 B_1 = 10 \times 2 = 20$ kN/m이고, 이 총량이 폭 5m에 걸쳐 재분배되므로 $q_2 = \frac{20}{5} = 4.0$ kN/m^{2}이다. 따라서 전력구 윗면에 증가되는 등분포 하중은 4.0kN/m이다.

선지 판단

① 1.6kN/m: X - 확산 폭을 과대하게 적용하거나 총 하중을 잘못 나눈 경우에 나오는 값으로, 실제 확산 후 폭(5m) 계산과 맞지 않는다.
② 4.0kN/m: O - 확산 후 폭 5m에 총 하중 20kN/m을 나눈 값과 정확히 일치한다.
③ 5.0kN/m: X - 확산 폭을 한쪽만 반영(전체 폭을 4m로 잘못 계산)했을 때 나오는 값이다.
④ 8.0kN/m: X - 폭을 확산시키지 않고 단순히 비율만 잘못 적용했을 때 나오는 값으로, 2:1 분산 자체를 반영하지 않은 계산이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 확산 폭 $x = z/2$를 한쪽에만 더하고 양쪽에 더하지 않는 것이다(양쪽에서 모두 퍼지므로 $2x$를 더해야 한다). 또한 하중의 단위(kN/m는 여기서 폭 방향 단위길이당 압력, 즉 kN/m^2를 의미)를 혼동해 총 하중 개념 없이 단순 비례식으로 계산하면 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

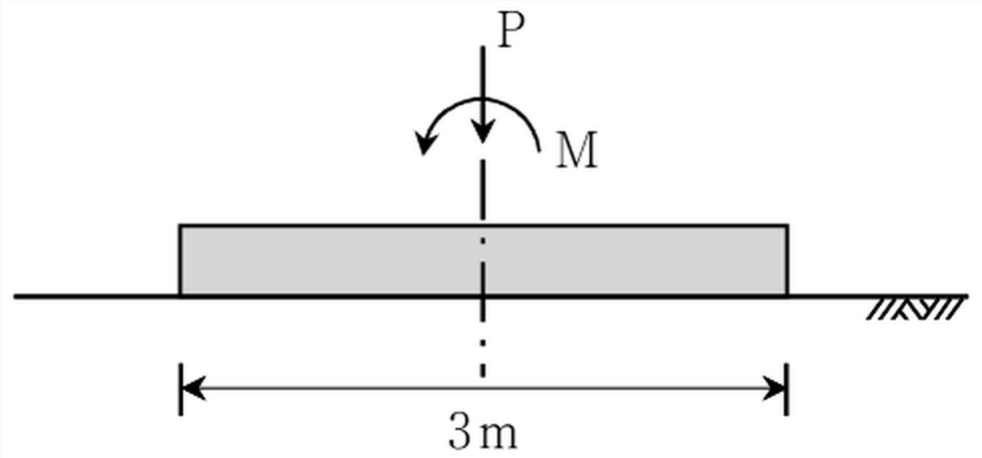
2:1 하중 분산 문제는 항상 '총 하중 보존(폭×하중 강도 = 일정)'을 기준으로 접근한다. 먼저 한쪽 확산 폭 $z/2$를 구하고, 원래 폭에 양쪽 확산 폭을 더해 전체 폭을 구한 다음, 총 하중을 그 폭으로 나누면 된다.

암기 포인트

2:1 분산 하중 공식은 $q_2 = \frac{q_1 B_1}{B_1 + 2(z/2)} = \frac{q_1 B_1}{B_1 + z}$로 정리해 외워 둔다. 이 문제에서는 $z = 3$이므로 분모가 $2 + 3 = 5$가 되어 계산이 빨라진다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 조밀한 사질토 위에 놓인 바닥면적 2m × 3m인 독립기초 중심에 연직력 200kN, 장변방향으로 모멘트 30kN · m가 작용할 때, 최대접지압과 최소접지압의 차는? (단, 접지압은 직선형 분포로 가정한다)



① 10kN/m^2

② 20kN/m^2

③ 30kN/m^2

④ 40kN/m^2

정답 2번

출제 포인트

편심 없이 중심에 연직력과 모멘트가 동시에 작용하는 독립기초의 접지압을 직선분포(평면유지) 가정으로 구하는 문제이다. 접지압은 축하중에 의한 등분포압과 모멘트에 의한 휨응력의 합으로 표현되며, 최대접지압과 최소접지압의 차이를 구하는 것이 핵심이다.

조건 정리

기초 바닥면적은 폭 $B = 2\text{m}$, 모멘트가 작용하는 장변방향 길이 $L = 3\text{m}$이다. 연직력 $P = 200\text{kN}$이 기초 중심에 작용하고, 장변방향으로 모멘트 $M = 30\text{kN} \cdot \text{m}$가 작용한다. 접지압 분포는 직선형(선형)으로 가정한다.

사용할 공식

직선분포 가정에서 기초 저면의 최대·최소 접지압은 다음과 같다.$q_{max,\,min} = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{Z}$여기서 단면적 $A = B \times L$이고, 모멘트가 장변방향(길이 L 방향)으로 작용하므로 단면계수는 $Z = \frac{BL^2}{6}$이다. 따라서 최대접지압과 최소접지압의 차는 $q_{max} - q_{min} = \frac{2M}{Z}$로 정리된다.

NoteBase

계산 과정

단면적은 $A = 2 \times 3 = 6\text{m}^2$이고, 단면계수는 $Z = \frac{2 \times 3^2}{6} = 3\text{m}^3$이다. 축하중에 의한 평균압은 $\frac{P}{A} = \frac{200}{6} = 33.3\text{kN/m}^2$이고, 모멘트에 의한 응력은 $\frac{M}{Z} = \frac{30}{3} = 10\text{kN/m}^2$이다. 따라서 최대접지압은 $33.3 + 10 = 43.3\text{kN/m}^2$, 최소접지압은 $33.3 - 10 = 23.3\text{kN/m}^2$이며, 두 값의 차는 $q_{max} - q_{min} = 2 \times \frac{M}{Z} = 2 \times 10 = 20\text{kN/m}^2$이다.

선지 판단

① 10 kN/m^2 — X, 이는 M/Z 한 항의 값(모멘트에 의한 편차분)이며 최대·최소의 차가 아니다.
② 20 kN/m^2 — O, $q_{max} - q_{min} = 2M/Z = 2 \times 10 = 20\text{kN/m}^2$로 정확히 일치한다.
③ 30 kN/m^2 — X, 모멘트 값 30kN·m을 단면계수로 나누지 않고 그대로 가져온 값으로 단위·계산이 맞지 않는다.
④ 40 kN/m^2 — X, P/A를 반영하지 않거나 M/Z를 두 배로 잘못 계산한 값이다.

오답 포인트

이 문제에서 흔한 실수는 단면계수 $Z = BL^2/6$에서 모멘트가 작용하는 방향의 길이 L을 제곱해야 하는데 폭 B를 제곱하거나, P/A와 M/Z를 각각 구해 놓고 차이가 아니라 합(최대접지압 자체)이나 M/Z 한 값만 답으로 착각하는 것이다. 최대와 최소의 '차'를 묻고 있으므로 P/A 항은 상쇄되어 사라지고 $2M/Z$만 남는다는 점을 놓치면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 모멘트가 작용하는 방향과 그 방향의 기초 길이를 그림에서 정확히 확인하여 $Z = BL^2/6$의 L에 대입한다. 이후 '최대와 최소의 차'를 물으면 곧바로 $2M/Z$만 계산하면 되고, 굳이 q_{max}와 q_{min}을 각각 구해 뺄셈할 필요는 없다는 점을 활용해 계산을 단축한다.

암기 포인트

편심 없는 축하중+모멘트를 받는 기초의 접지압 공식은 $q_{max,\,min} = P/A \pm M/Z$, $Z = BL^2/6$(모멘트 방향의 변 길이가 제곱항)이며, 최대와 최소접지압의 차는 항상 $2M/Z$로 정리된다는 것을 공식처럼 기억해 둔다.

NoteBase

문 11. 평균압밀하중 $2kN/m^2$를 받아 압밀이 종료된 4 m 두께의 정규압밀 점토층이 있다. 평균압밀하중을 $20kN/m^2$으로 증가시킬 경우, 예상되는 1차압밀침하 증가량은? (단, 1차원 압밀 조건이며, 초기간극비 $e_0 = 2.0$, 압축지수 $C_c = 0.45$이다)

① 0.50 m

② 0.55 m

③ 0.60 m

④ 0.65 m

정답 3번

출제 포인트

정규압밀 점토의 1차압밀침하량 공식을 이용해, 압밀하중이 2 kN/m^{2}에서 20 kN/m^{2}으로 증가할 때 추가로 발생하는 침하 증가량을 구하는 문제이다. 이미 2 kN/m^2 하중으로 압밀이 종료된 상태이므로, 이 시점의 유효응력 2 kN/m^{2}를 압밀 시작점(초기 유효응력)으로 두고 20 kN/m^{2}까지 증가한 구간만큼의 침하를 계산하는 것이 핵심이다.

조건 정리

점토층 두께 H = 4 m, 초기간극비 e0 = 2.0, 압축지수 Cc = 0.45, 압밀 시작 시점의 유효응력(압밀이 이미 종료된 하중) p0 = 2 kN/m^2, 증가 후 유효응력 p1 = 20 kN/m^2, 1차원 압밀 조건, 정규압밀 점토(선행압밀하중과 현재 유효응력이 같음)이다.

사용할 공식

정규압밀 점토의 1차압밀침하량은 $S = \frac{C_c H}{1+e_0}\log_{10}\frac{p_0+\Delta p}{p_0}$로 구한다. 여기서 p_0는 압밀 전(현재) 유효응력, $p_0 + \Delta p$는 압밀 후(증가된) 유효응력이다.

계산 과정

이 문제에서 압밀 전 유효응력은 이미 압밀이 끝난 하중인 2 kN/m^{2}이고, 압밀 후 유효응력은 20 kN/m^{2}이다. 응력비는 $\frac{p_0+\Delta p}{p_0} = \frac{20}{2} = 10$이므로 $\log_{10} 10 = 1$이 된다. 따라서 $S = \frac{0.45 \times 4}{1+2.0} \times 1 = \frac{1.8}{3} = 0.6$ m이다. 즉 하중이 2 kN/m^{2}에서 20 kN/m^{2}으로 증가하면서 추가로 발생하는 1차압밀침하 증가량은 0.60 m이다.

선지 판단

① 0.50 m: 계산값 0.60 m보다 작으므로 틀린 값이다.
② 0.55 m: 계산값 0.60 m보다 작으므로 틀린 값이다.
③ 0.60 m: $S = \frac{C_c H}{1+e_0}\log_{10}(p_1/p_0) = \frac{0.45 \times 4}{3}\log_{10} 10 = 0.6$ m로 계산 결과와 정확히 일치하므로 옳다.
④ 0.65 m: 계산값 0.60 m보다 크므로 틀린 값이다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제에서 가장 흔한 실수는 하중비를 20/2가 아니라 20 자체나 (2+20)/2 등으로 잘못 잡는 것이다. 이미 2 kN/m^2 하중으로 압밀이 종료되었다는 것은 그 시점의 유효응력이 2 kN/m^{2}라는 뜻이므로, 이를 압밀 전 응력 p_0로 두고 증가된 20 kN/m^{2}를 압밀 후 응력으로 두어야 한다. 또한 간극비 변화량 방식 $S = \frac{\Delta e}{1+e_0}H$과 압축지수 방식을 혼동하지 않아야 하며, 여기서는 압축지수와 하중비(로그)를 이용하는 공식을 그대로 적용하면 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

'평균압밀하중을 A에서 B로 증가시킨다'는 표현이 나오면, 압밀이 이미 종료된 A를 압밀 전 유효응력, 늘어난 B를 압밀 후 유효응력으로 놓고 하중비 B/A를 로그에 대입한다. 하중비가 10배, 100배처럼 딱 떨어지면 $\log_{10} 10 = 1$, $\log_{10} 100 = 2$로 계산이 단순해지므로 먼저 하중비를 확인하는 것이 빠르다.

암기 포인트

정규압밀 점토 1차압밀침하 공식은 $S = \frac{C_c H}{1+e_0}\log_{10}\frac{p_0+\Delta p}{p_0}$이다. '이미 압밀이 종료된 하중'은 새로운 압밀 계산의 출발 유효응력이 된다는 점을 기억해 둔다.

NoteBase

문 12. 압밀에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 2차압축지수는 간극비-압밀압력 곡선에서 직선부의 기울기이다.

② 1차압밀침하를 계산할 때는 흙 입자와 물을 모두 비압축성으로 가정한다.

③ 일반적으로 소성성이 큰 점토일수록 2차압밀이 더 크게 나타난다.

④ 이론적으로 동일한 점토지반에서 상재압의 크기에 관계없이 압밀도 50%에 도달하는 시간은 일정하다.

정답 1번

출제 포인트

압밀이론의 기본 가정과 1차압밀·2차압밀의 구분, 압밀도-시간계수의 성질을 종합적으로 알고 있는지 묻는 문제이다. 특히 2차압축지수가 어느 그래프의 기울기로 정의되는지를 정확히 구분할 수 있어야 한다.

핵심 개념

1차압밀은 간극수압이 소산되면서 발생하는 압밀로, 흙 입자와 물 자체는 비압축성이라고 가정하고 간극(공극)의 부피 감소만으로 침하량을 계산한다. 압축지수(Cc)는 간극비-압밀압력(e-log p) 곡선에서 정규압밀 구간(직선부)의 기울기로 정의되며, 1차압밀침하량 계산에 사용된다. 반면 2차압축지수(Cα)는 1차압밀이 끝난 뒤에도 계속되는 크리프성 압축(2차압밀)을 나타내는 지수로, 간극비-시간(e-log t) 곡선에서 직선부의 기울기로 정의된다. 2차압밀은 소성성(소성지수)이 큰 점토, 유기질이 많은 점토일수록 크게 나타난다. 압밀도 50%(또는 임의의 압밀도)에 도달하는 시간은 시간계수 Tv, 배수거리 H, 압밀계수 Cv에 의해 결정되며, 상재압(하중)의 크기와는 무관하다.

선지별 해설

① X - 틀린 표현 → 올바른 표현: 2차압축지수는 간극비-압밀압력(e-log p) 곡선이 아니라 간극비-시간(e-log t) 곡선에서 직선부의 기울기로 정의된다. e-log p 곡선 직선부의 기울기는 압축지수(Cc)이며, 이는 1차압밀침하 계산에 쓰이는 값이다. 두 지수를 혼동시킨 서술이므로 옳지 않다.

② O - 테르자기의 1차압밀이론에서는 흙 입자와 물 모두 비압축성으로 가정하고, 간극수압 소산에 따른 간극의 부피 변화만으로 압밀침하를 설명한다. 옳은 설명이다.

③ O - 소성성이 큰 점토(소성지수가 크고 유기질 함량이 높은 점토)일수록 2차압밀(크리프성 압축)이 더 크게 나타나는 경향이 있다. 옳은 설명이다.

④ O - 압밀도 50%에 도달하는 시간은 시간계수 T_v, 배수거리 H, 압밀계수 C_v의 관계식 $t = \frac{T_v H^2}{C_v}$로 결정되며, 상재압(하중)의 크기에는 영향을 받지 않는다. 옳은 설명이다.

NoteBase

오답 포인트

압축지수(Cc)와 2차압축지수(Cα)는 이름이 비슷해 혼동하기 쉽지만, 가로축이 서로 다른 별개의 그래프에서 얻는 값이라는 점을 반드시 구분해야 한다. Cc는 압밀압력(하중)에 대한 간극비 변화, Cα는 시간 경과에 대한 간극비 변화를 나타낸다. 이 구분을 놓치면 ①번이 그럴듯하게 옳은 설명처럼 보여 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 '2차압축지수'가 등장하면 곧바로 그 정의가 e-log t(시간) 곡선의 기울기인지 확인한다. e-log p(압력) 곡선의 기울기라고 되어 있으면 그것은 압축지수(Cc)에 대한 설명이 잘못 붙은 것이므로 옳지 않은 설명으로 판정한다.

암기 포인트

Cc(압축지수)는 e-log p 곡선의 기울기, Cα(2차압축지수)는 e-log t 곡선의 기울기로 짝지어 외운다.
1차압밀=간극수압 소산·흙입자와 물은 비압축성 가정, 압밀도 50% 도달시간은 하중 크기와 무관(Tv·H·Cv로만 결정)이라는 점도 함께 기억해 둔다.

NoteBase

문 13. 직접전단시험에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전단파괴면이 미리 정해져 있다.

② 전단 진행에 따라 진행성파괴(progressive failure)가 발생할 우려가 있다.

③ 배수조건 조절과 시험 중 간극수압의 측정이 어렵다.

④ 시험 중 전단면에서의 응력은 일정하게 유지된다.

정답 4번

출제 포인트

직접전단시험(direct shear test)의 시험 원리와 한계를 정확히 알고 있는지를 묻는 문제이다. 전단상자를 상하로 나누어 수평으로 밀어 전단파괴를 일으키는 시험 방식의 특징과, 그로 인해 발생하는 응력 불균일 문제를 구분할 수 있어야 한다.

핵심 개념

직접전단시험은 시료를 상자(전단상자) 안에 넣고 상자를 상하 두 부분으로 나눈 뒤, 하부는 고정하고 상부(또는 하부)를 수평으로 밀어 두 상자의 경계면을 따라 강제로 전단파괴를 일으키는 시험이다. 이 때문에 파괴면의 위치와 방향이 시험 전에 이미 상자 구조로 정해져 있으며, 실제 흙이 가장 약한 면을 따라 자유롭게 파괴되는 것과는 다르다. 또한 전단면 전체가 동시에 균등하게 전단되는 것이 아니라 시료의 모서리(가장자리)부터 응력이 집중되어 국부적으로 먼저 파괴가 시작되고 그 파괴가 점차 안쪽으로 진행되는 진행성파괴(progressive failure) 현상이 나타난다. 이 때문에 전단이 진행되는 동안 전단면에서의 응력 분포는 균일하지 않고 위치마다 달라지며, 특히 첨두강도(peak strength) 부근에서 이러한 불균일성이 두드러진다. 아울러 전단상자 구조상 배수 조건을 정밀하게 조절하거나 시험 중 간극수압을 직접 측정하기가 어려워, 정밀한 압밀배수·압밀비배수 조건 제어가 필요한 경우에는 삼축압축시험이 더 적합하다.

선지별 해설

① O: 직접전단시험은 전단상자의 상하 경계면을 따라 시료가 강제로 전단되므로, 전단파괴면의 위치가 시험 전에 이미 정해져 있다는 설명은 옳다.
② O: 전단이 진행됨에 따라 시료 가장자리부터 응력이 집중되어 국부적으로 먼저 파괴가 일어나고 이것이 점차 안쪽으로 확산되는 진행성파괴가 발생할 수 있다는 설명은 옳다.
③ O: 전단상자 구조의 한계로 배수조건을 정밀하게 조절하기 어렵고 시험 중 간극수압을 직접 측정하기도 어렵다는 설명은 옳다.
④ X: 시험 중 전단면에서의 응력은 일정하게 유지되지 않는다 → 진행성파괴로 인해 전단면 내 응력 분포가 불균일하며 위치와 전단 진행 정도에 따라 달라진다. 이것이 옳지 않은 설명이며 정답이다.

NoteBase

오답 포인트

①·②·③은 모두 직접전단시험의 실제 한계로 잘 알려진 사실이어서 옳은 설명으로 판단하기 쉽지만, 그만큼 ④의 '응력이 일정하게 유지된다'는 표현이 상대적으로 자연스럽게 읽혀 지나치기 쉽다. 진행성파괴가 있다는 것(②)과 전단면 응력이 균일하다는 것(④)은 서로 모순되는 진술임을 연결지어 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

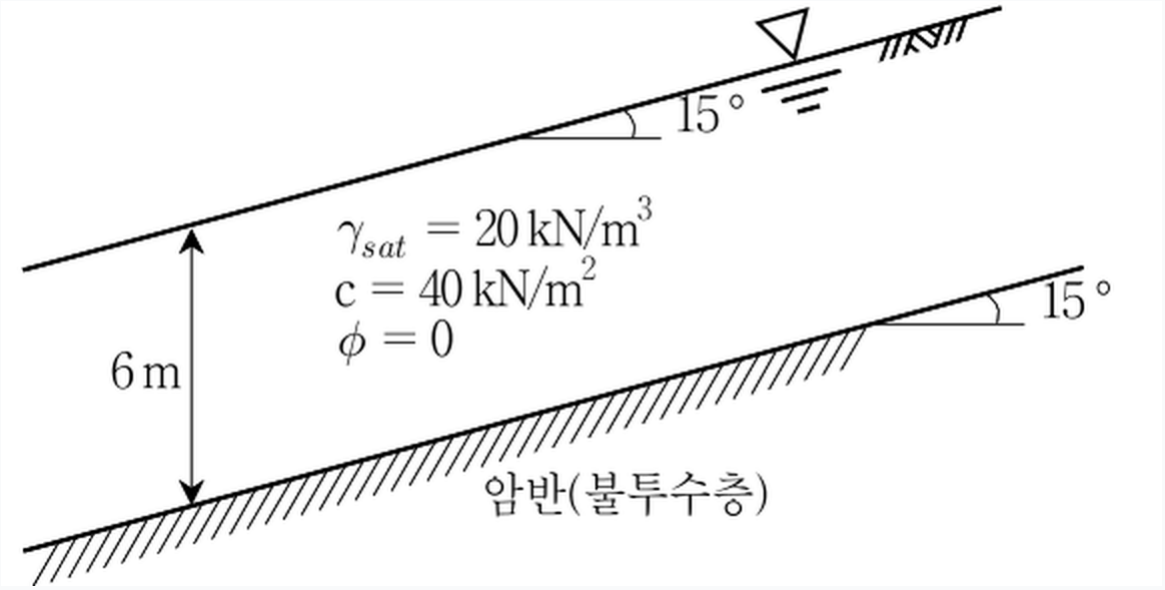
직접전단시험 문제에서는 '전단파괴면 강제 지정', '진행성파괴 발생 가능', '배수·간극수압 조절·측정 곤란'을 옳은 특징으로, '전단면 응력이 균일/일정하다'는 표현을 틀린 특징으로 우선 의심한다. 진행성파괴가 존재한다는 서술과 응력이 일정하다는 서술이 함께 나오면 두 서술은 양립할 수 없으므로 응력 균일 서술 쪽을 오답으로 판단한다.

암기 포인트

직접전단시험 3대 한계: 파괴면 강제 지정, 진행성파괴 발생, 배수·간극수압 조절·측정 곤란. 이 세 가지 한계 때문에 전단면 응력은 '불균일'하다 — '균일/일정'이라는 표현이 나오면 오답이다.

NoteBase

문 14. 그림과 같이 지하수위가 무한사면 지표면에 위치할 때, 무한사면의 안전율은? (단, 물의 단위중량은 10kN/m^3이다)



① 1.33

② 1.67

③ 2.00

④ 2.33

정답 1번

출제 포인트

지하수위가 지표면과 일치하는(사면 전체가 포화된) 무한사면의 안전율 계산 문제이다. 침투수가 사면과 평행하게 흐르는 조건에서는 유효응력이 줄어들어 안전율이 크게 낮아지므로, 지하수위 위치에 따라 공식에 어떤 단위중량을 대입해야 하는지가 핵심 출제 포인트이다.

조건 정리

경사각 $\beta = 15^\circ$, 파괴면(불투수층)까지의 연직깊이 $z = 6\text{m}$, 포화단위중량 $\gamma_{sat} = 20\text{kN/m}^3$, 점착력 $c = 40\text{kN/m}^2$, 내부마찰각 $\phi = 0$, 지하수위는 지표면과 일치(사면 전체가 침투수로 포화된 상태)한다.

NoteBase

사용할 공식

무한사면에서 침투류가 사면과 평행하게 흐르고 지하수위가 지표면에 위치하는 경우의 안전율 공식은 다음과 같다.

$F_s = \frac{c + (\gamma_{sat} - \gamma_w) z \cos^2 \beta \tan \phi}{\gamma_{sat} z \sin \beta \cos \beta}$

여기서 분자의 두 번째 항은 유효응력에 의한 마찰저항력이고, 분모는 사면과 평행한 활동면에 작용하는 전단응력에 파괴면 길이를 곱한 항이다. 물의 단위중량 γ_w는 문제에서 주어졌지만, 이 문제는 $\phi = 0$이므로 마찰항 자체가 사라져 실제 계산에는 쓰이지 않는다.

계산 과정

$\phi = 0$이므로 $\tan \phi = 0$이 되어 마찰저항 항이 사라지고, 안전율은 점착력만으로 결정되는 다음 식으로 단순화된다.

$F_s = \frac{c}{\gamma_{sat} z \sin \beta \cos \beta}$

$\sin 15^\circ \cos 15^\circ = \frac{1}{2} \sin 30^\circ = \frac{1}{2} \times 0.5 = 0.25$이므로 분모는

$\gamma_{sat} z \sin \beta \cos \beta = 20 \times 6 \times 0.25 = 30 \text{kN/m}^2$이 된다.

따라서 $F_s = \frac{40}{30} = 1.33$

선지 판단

① 1.33 → O, 위 계산 결과와 일치한다.

② 1.67 → X, γ_{sat} 대신 $(\gamma_{sat} - \gamma_w)$를 분모에 잘못 대입하거나 다른 항을 혼동한 값으로, 지표면까지 포화된 조건의 분모 계산과 맞지 않는다.

③ 2.00 → X, $\sin \beta \cos \beta = 0.25$ 대신 다른 삼각비 값을 대입했을 때 나오는 값으로, 실제 조건과 맞지 않는다.

④ 2.33 → X, 점착력이나 깊이 값을 다르게 대입한 경우에 나오는 값으로, 주어진 $c = 40$, $z = 6\text{m}$ 조건과 맞지 않는다.

오답 포인트

이 문제에서 가장 흔한 실수는 지하수위가 지표면에 있다는 조건, 즉 사면 전체가 포화되어 있다는 조건을 무시하고 습윤단위중량이나 건조단위중량 개념을 섞어 쓰는 것이다. 또한 $\phi = 0$이라는 조건을 놓치고 마찰항을 계산에 포함시키면 안전율 값이 달라진다. $\sin 15^\circ \cos 15^\circ$를 배각공식 없이 개별 삼각비 값으로 잘못 계산해 0.25가 아닌 값을 쓰는 실수도 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

무한사면 문제를 보면 먼저 지하수위 위치(지표면 위, 지표면과 일치, 지하수위 없음)를 확인하고 그에 맞는 안전율 공식을 선택한다. $\phi = 0$인 점토질 지반이면 마찰항이 사라져 안전율이 점착력과 자중에 의한 전단응력의 비로 단순화된다는 점을 활용하면 계산이 빨라진다.

NoteBase

암기 포인트

지하수위가 지표면에 위치한 무한사면($\phi = 0$)의 안전율은 $F_s = \frac{c}{\gamma_{sat} z \sin\beta \cos\beta}$이며, $\sin\beta\cos\beta = \frac{1}{2}\sin 2\beta$로 계산하면 편리하다.

NoteBase

문 15. 전체단위중량이 20kN/m^3, 함수비가 20%, 비중이 2.5인 흙의 포화도는? (단, 물의 단위중량은 10kN/m^{3}이다)

① 85%

② 90%

③ 95%

④ 100%

정답 4번

출제 포인트

전체단위중량, 함수비, 비중이 주어졌을 때 간극비를 먼저 구하고, 이를 이용해 포화도를 계산하는 3상 관계식 활용 능력을 묻는다. 흙의 단위중량 공식과 Se=wGs 관계식을 순서대로 적용해야 한다.

조건 정리

전체단위중량 $\gamma_t = 20$ kN/m^3, 함수비 $w = 20\% = 0.2$, 비중 $G_s = 2.5$, 물의 단위중량 $\gamma_w = 10$ kN/m^{3}이다. 구하는 값은 포화도 S이다.

사용할 공식

전체단위중량은 함수비를 이용해 $\gamma_t = \frac{G_s(1+w)}{1+e}\gamma_w$로 표현된다. 또한 간극의 물 채움 정도를 나타내는 관계식 $Se = wG_s$가 성립한다(여기서 e는 간극비).

계산 과정

먼저 간극비를 구한다. $20 = \frac{2.5 \times (1+0.2)}{1+e} \times 10 = \frac{30}{1+e}$이므로 $1+e = 1.5$, 따라서 $e = 0.5$이다.
다음으로 포화도를 구한다. $Se = wG_s$이므로 $S = \frac{wG_s}{e} = \frac{0.2 \times 2.5}{0.5} = \frac{0.5}{0.5} = 1$이다.
따라서 포화도는 100 %이다.

선지 판단

① 85% X: 간극비를 잘못 구하거나 계산 중 반올림 오차를 크게 낸 경우에 나올 수 있는 값으로, 실제 계산 결과인 100%와 다르다.
② 90% X: 마찬가지로 정확한 계산값과 맞지 않는다.
③ 95% X: 정확한 계산값인 100%에는 못 미친다.
④ 100% O: 간극비 $e = 0.5$를 구한 뒤 $S = \frac{wG_s}{e}$에 대입하면 정확히 1(=100%)이 나온다.

NoteBase

오답 포인트

이 문제는 간극비를 먼저 구하지 않고 바로 포화도 공식에 값을 대입하려다 실수하기 쉽다. 전체단위중량 공식에서 함수비를 포함한 형태 $\gamma_t = \frac{G_s(1+w)}{1+e}\gamma_w$를 정확히 세우지 못하면 간극비가 잘못 나오고, 그 결과 포화도도 틀리게 된다. 또한 $Se = wG_s$ 관계식에서 S와 e의 위치를 혼동하지 않도록 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

전체단위중량, 함수비, 비중이 함께 주어지고 포화도를 물으면 항상 간극비를 먼저 구하는 두 단계 풀이로 접근한다. 1단계로 $\gamma_t = \frac{G_s(1+w)}{1+e}\gamma_w$에서 e를 구하고, 2단계로 $S = \frac{wG_s}{e}$에 대입해 포화도를 구한다.

암기 포인트

핵심 공식 두 개를 짝으로 외워 둔다. $\gamma_t = \frac{G_s(1+w)}{1+e}\gamma_w$와 $Se = wG_s$이다. 이 두 식만 연결하면 단위중량-함수비-비중이 주어진 문제에서 간극비와 포화도를 모두 구할 수 있다.

NoteBase

문 16. 토압론에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, ϕ는 내부마찰각이며, 단위는 °이다)

① Rankine 주동토압은 벽체 뒤채움 흙의 ϕ가 증가할수록 감소한다.

② Rankine 수동파괴면은 수평에 대하여 $(45^\circ - \frac{\phi}{2})$의 각도를 이룬다.

③ 벽체의 변위가 발생함과 동시에 Rankine의 수동 또는 주동 토압이 발현된다.

④ Coulomb의 토압론은 벽과 배면토 사이의 마찰을 고려하고 파괴면을 직선으로 가정한다.

정답 3번

출제 포인트

Rankine 토압론과 Coulomb 토압론의 기본 가정, 파괴면 각도, 벽체 변위와 토압 발현 관계를 정확히 구분할 수 있는지를 묻는다. 특히 주동토압과 수동토압이 발현되는 데 필요한 벽체 변위량의 차이를 이해하고 있는지가 핵심이다.

핵심 개념

Rankine 주동토압계수는 $K_a = \tan^2(45° - \phi/2)$이고 수동토압계수는 $K_p = \tan^2(45° + \phi/2)$이다.
주동파괴면은 수평면과 $45° + \phi/2$의 각도를 이루고, 수동파괴면은 수평면과 $45° - \phi/2$의 각도를 이룬다. 벽체 변위와 관련해서는, 주동상태는 벽체가 흙으로부터 멀어지는 아주 작은 변위(벽 높이 대비 약 0.001~0.005 수준)만으로도 발현되는 반면, 수동상태는 벽체가 흙 쪽으로 훨씬 크게 움직여야(벽 높이 대비 약 0.01~0.05 수준 이상) 발현된다. 즉 두 상태 모두 변위가 어느 정도 누적된 뒤에 점진적으로 발현되는 것이지, 변위가 생기는 즉시 동시에 나타나는 것이 아니며 필요한 변위량도 서로 다르다.

선지별 해설

① Rankine 주동토압계수 $K_a = \tan^2(45° - \phi/2)$는 φ가 커질수록 $(45° - \phi/2)$가 작아져 값이 감소하는 함수이므로, φ가 증가하면 주동토압도 감소한다. 옳은 설명이다.
② Rankine 이론에서 수동파괴면은 수평면과 $(45° - \phi/2)$의 각도를 이룬다(주동파괴면은 $(45° + \phi/2)$). 옳은 설명이다.
③ 벽체에 변위가 생긴다고 해서 그 순간 곧바로 주동 또는 수동토압이 발현되는 것이 아니다 → 주동토압은 매우 작은 변위만으로 비교적 빨리 발현되지만, 수동토압은 이보다 훨씬 큰 변위가 누적되어야 발현되므로 '변위 발생과 동시에' 발현된다는 서술은 옳지 않다. 이 문항의 정답이다.
④ Coulomb 토압론은 벽면과 배면 흙 사이의 마찰(벽마찰각)을 고려하고, 파괴면을 곡선이 아닌 직선으로 가정하여 힘의 평형으로 토압을 구하는 이론이다. 옳은 설명이다.

NoteBase

오답 포인트

①과 ②는 토압계수 공식과 파괴면 각도 공식만 정확히 기억하면 쉽게 옳은 설명으로 판단할 수 있다. 함정은 ③으로, '벽체 변위가 있으면 토압도 그에 따라 변한다'는 큰 그림만 알고 있으면 얼핏 맞는 말처럼 보이지만, 실제로는 주동토압과 수동토압이 필요로 하는 변위량이 서로 크게 다르다는 세부 사실을 몰라 '동시에 발현된다'는 표현의 오류를 놓치기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

토압론 문제에서 '동시에', '즉시', '같은 크기로' 같은 단정적 표현이 나오면 일단 의심한다. 특히 주동토압과 수동토압을 비교하는 선지가 나오면 필요 변위량이 서로 다르다는 점(주동은 작은 변위, 수동은 큰 변위)을 우선 떠올려 판단 기준으로 삼는다.

암기 포인트

주동파괴면 각도 $45° + \phi/2$, 수동파괴면 각도 $45° - \phi/2$로 서로 반대임을 기억한다. 또한 주동토압은 작은 변위로, 수동토압은 큰 변위로 발현된다는 순서와 크기 차이를 함께 암기해 둔다.

NoteBase

문 17. 흙의 다짐에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 양족롤러는 점성토 지반을, 진동롤러는 사질토 지반을 다질 때 효과적이다.

② 점토는 함수비가 최적함수비보다 작은 건조측에서 다져질 경우 분산구조를 가진다.

③ 동다짐 공법의 지반개량심도는 추의 무게와 낙하고 등에 주로 영향을 받는다.

④ 일반적으로 시료의 세립분 함량이 증가할수록 최대건조단위중량은 감소하고, 최적함수비는 증가한다.

정답 2번

출제 포인트

다짐 원리 전반(다짐장비의 적용성, 다짐 함수비에 따른 흙의 미시구조, 동다짐 공법의 개량심도, 세립분 함량과 다짐 특성곡선의 관계)을 종합적으로 이해하고 있는지 묻는다. 이 중 함수비 조건과 흙 입자 배열구조를 연결하는 부분이 핵심 함정이다.

핵심 개념

다짐 곡선에서 최적함수비보다 건조측(함수비가 작은 쪽)에서 다지면 점토 입자들이 모서리와 면이 맞닿는 형태로 엉겨 붙는 면모구조(응집구조)를 이룬다. 반대로 최적함수비보다 습윤측(함수비가 큰 쪽)에서 다지면 입자 사이의 반발력이 커져 입자들이 서로 평행하게 배열되는 분산구조를 이룬다. 즉 분산구조는 건조측이 아니라 습윤측에서 나타나는 구조이다. 동다짐(다이나믹 콤팩션) 공법은 무거운 추를 일정 높이에서 낙하시켜 지반을 다지는 공법으로, 개량 가능한 심도는 추의 무게와 낙하고가 클수록 커진다(개량심도는 추의 무게와 낙하고의 곱의 제곱근에 비례하는 형태로 추정한다). 다짐 특성상 세립분(점토·실트) 함량이 많아질수록 흙 입자 표면적이 커지고 물을 머금는 능력이 커져 같은 다짐에너지로 얻는 최대건조단위중량은 작아지고, 최적함수비는 커진다.

선지별 해설

① O: 양족롤러(sheep foot roller)는 돌기가 흙 속을 파고들어 반죽하듯 다지므로 점성이 있는 점성토 지반에 효과적이고, 진동롤러는 진동을 통해 입자를 재배열시키므로 배수가 잘 되는 사질토 지반에 효과적이다. 옳은 설명이다.

② X: 점토가 최적함수비보다 작은 건조측에서 다져지면 분산구조가 아니라 면모구조(응집구조)를 가진다. 분산구조는 오히려 최적함수비보다 큰 습윤측에서 다져질 때 나타나는 구조이다. 건조측과 습윤측이 뒤바뀐 서술이므로 옳지 않다.

③ O: 동다짐 공법에서 지반개량이 가능한 심도는 낙하시키는 추의 무게와 낙하고(떨어뜨리는 높이)가 클수록 커지며, 이 두 값이 개량심도를 결정하는 주된 인자이다. 옳은 설명이다.

④ O: 시료에 세립분 함량이 많아질수록 다짐 시 물을 머금는 능력이 커지고 입자 사이 공극이 촘촘히 채워지기 어려워져 최대건조단위중량은 감소하고, 흙 입자 표면을 충분히 적셔 다짐 저항을 낮추는 데 필요한 물의 양이 많아져 최적함수비는 증가한다. 옳은 설명이다.

NoteBase

오답 포인트

건조측과 습윤측에서 나타나는 입자구조 명칭(면모구조 vs 분산구조)을 서로 바꿔 서술하는 함정에 주의한다. '작은 함수비(건조측)=분산구조'처럼 조건과 구조명이 뒤바뀐 문장은 다짐 단원에서 반복적으로 출제되는 전형적인 오답 패턴이다.

다시 나오면 이렇게 판단

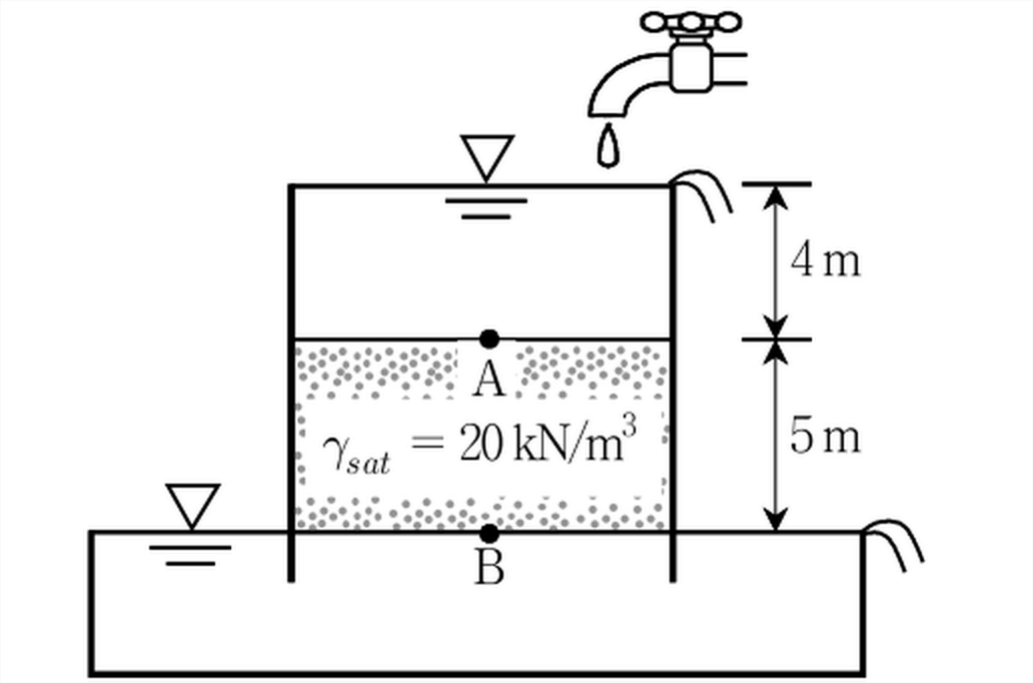
다짐 관련 선지에서 '건조측/습윤측'이라는 단어와 '면모구조/분산구조'라는 단어가 함께 나오면, 건조측은 면모구조·습윤측은 분산구조라는 짝을 먼저 떠올리고 문장이 이 짝과 일치하는지부터 확인한다. 또한 세립분 함량과 최대건조단위중량·최적함수비의 관계(반비례·비례)도 함께 점검한다.

암기 포인트

건조측 다짐 → 면모구조(입자가 엉겨 붙음), 습윤측 다짐 → 분산구조(입자가 평행 배열)로 짝지어 암기한다. 양족롤러는 점성토, 진동롤러(진동+평활)는 사질토라는 다짐장비-토질 대응도 함께 정리해 둔다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 일정한 수위가 유지되면서 물이 토사층을 통과하여 하부로 흘러갈 때, 토사층 상단 A점과 하단 B점에서의 유효응력의 차는? (단, 흙의 포화단위중량은 20kN/m^{3}이며, 물의 단위중량은 10kN/m^{3}이다)



① 50kN/m^2

② 95kN/m^2

③ 140kN/m^2

④ 185kN/m^2

정답 3번

출제 포인트

하향 침투(물이 위에서 아래로 흐르는 경우)가 일어날 때 유효응력이 정지 상태보다 커진다는 사실을 계산으로 확인하는 문제이다. 침투가 없을 때의 단순한 수중단위중량 계산과 혼동하지 않는 것이 핵심이다.

조건 정리

토사층 두께(A~B) L = 5 m, 포화단위중량 $\gamma_{sat} = 20\ \mathrm{kN/m^3}$, 물의 단위중량 $\gamma_w = 10\ \mathrm{kN/m^3}$. A점 위에는 4 m 두께의 정지된 물기둥이 있다(수도꼭지로 수위를 일정하게 유지). 물은 토사층을 통과해 아래로 흘러 내려가며, 배출구는 토사층 하단 B의 높이에서 대기로 열려 있어, 상부 수면과 배출 높이 사이의 전체 낙차(전수두 손실)는 그림에 표시된 대로 4 m+5 m=9 m이다.

NoteBase

사용할 공식

동수경사 $i = \frac{\Delta h}{L}$, 하향 침투 시 유효응력 증가는 $\Delta\sigma' = (\gamma_{sat} - \gamma_w + i\gamma_w)L$ 로 계산할 수 있다(정지 상태의 수중단위중량 $\gamma_{sat} - \gamma_w$에 침투에 의한 증가분 $i\gamma_w$이 더해진다).

계산 과정

전수두 손실 $\Delta h = 9$ m는 토사층 5 m 구간에서만 발생하므로 동수경사는 $i = \frac{9}{5} = 1.8$이다.
하향 침투에 의한 유효단위중량은 $\gamma_{sat} - \gamma_w + i\gamma_w = (20 - 10) + 1.8 \times 10 = 10 + 18 = 28$ kN/m^{3}이다.
A점과 B점의 유효응력 차는 $\Delta\sigma' = 28 \times 5 = 140$ kN/m^{2}이다.
검산: A점에서는 토사층 바로 위 4 m 물기둥에 의한 전응력과 간극수압이 각각 $4 \times 10 = 40$ kN/m^{2}로 같아 유효응력이 0이다. B점의 전응력은 $40 + 20 \times 5 = 140$ kN/m^{2}이고, B점은 배출구와 같은 높이에서 전수두가 0(기준면)이 되므로 압력수두도 0, 즉 간극수압이 0이 되어 유효응력이 그대로 140 kN/m^{2}가 된다. 따라서 A와 B의 유효응력 차는 140-0=140 kN/m^{2}로 같은 값이 나온다.

선지 판단

① 50 kN/m^2: 침투를 고려하지 않고 물이 흐르지 않는 정지 상태로 가정하여 수중단위중량만으로 계산한 값이다($(\gamma_{sat} - \gamma_w) \times 5 = 10 \times 5 = 50$). 이 문제는 물이 아래로 흐르는 침투 상태이므로 틀린 접근이다.
② 95 kN/m^2: 동수경사를 실제 값(1.8)보다 작게 잡아 침투에 의한 유효응력 증가분을 절반 정도만 반영한 경우에 나오는 값으로, 동수경사 계산이 잘못되었다.
③ 140 kN/m^2: 동수경사 $i = 9/5 = 1.8$을 정확히 구하고 하향 침투에 의한 유효단위중량 증가를 온전히 반영한 값으로 옳다.
④ 185 kN/m^2: 간극수압을 구할 때 부호를 반대로 적용하는 등으로 유효응력을 실제보다 더 크게 계산한 경우에 나오는 값으로 틀렸다.

오답 포인트

이 문제의 핵심 함정은 상부에 있는 4 m 물기둥을 침투 구간에 포함시켜 동수경사를 잘못 구하거나, 반대로 물이 흐르지 않는 정지 상태로 착각해 수중단위중량만으로 계산하는 것이다. 전수두 손실 9 m는 반드시 실제로 물이 흐르는 토사층 두께 5 m로 나누어야 동수경사 1.8이 나온다는 점, 그리고 물이 아래로 흐를 때는 유효응력이 정지 상태보다 커진다는 방향성을 혼동하지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

그림에서 먼저 물이 흐르는 방향(하향/상향)을 확인하고, 전수두 손실은 상류 자유수면과 하류 배출(또는 자유수면) 사이의 높이차로, 동수경사는 그 손실수두를 실제 침투가 일어나는 흙 두께로 나누어 구한다. 그다음 하향 침투이면 유효단위중량을 $\gamma_{sat} - \gamma_w + i\gamma_w$로, 상향 침투이면 $\gamma_{sat} - \gamma_w - i\gamma_w$로 놓고 두 지점 사이 거리를 곱해 유효응력 차를 구한다.

NoteBase

암기 포인트

하향 침투: $\gamma'_{eff} = \gamma_{sat} - \gamma_w + i\gamma_w$ (유효응력 증가), 상향 침투: $\gamma'_{eff} = \gamma_{sat} - \gamma_w - i\gamma_w$ (유효응력 감소, 한계동수구배 $i_{cr} = \gamma'/\gamma_w$일 때 분사현상 발생). 동수경사는 항상 '실제 침투가 일어나는 구간의 두께'로 손실수두를 나눈다.

NoteBase

문 19. 말뚝기초에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 말뚝은 시공방법에 따라 크게 타입말뚝, 매입말뚝, 현장타설말뚝 등으로 구분할 수 있다.

② 일반적으로 한계(극한)주면마찰력이 발현되기 위한 말뚝의 침하량은 극한선단지지력이 발현되기 위한 말뚝의 침하량보다 작다.

③ 타입말뚝은 항타관입 시 소음 및 진동이 많이 발생하며, 일반적으로 동일한 직경 및 크기를 가지는 매입말뚝의 지지력보다 작다.

④ 연약지반에 설치된 말뚝은 지하수위가 저하되면 부주면 마찰력이 발생할 수 있다.

정답 3번

출제 포인트

말뚝기초의 시공방법에 따른 분류, 주면마찰력과 선단지지력의 발현 침하량 차이, 타입말뚝과 매입말뚝의 지지력 비교, 부주면마찰력(부마찰력) 발생 조건을 종합적으로 확인하는 문제이다. 특히 타입말뚝과 매입말뚝의 지지력 대소 관계를 정확히 알고 있는지가 정답을 가른다.

핵심 개념

말뚝기초는 시공방법에 따라 타입말뚝(항타로 지반에 관입), 매입말뚝(선굴착 후 삽입 또는 회전관입), 현장타설말뚝(현장에서 굴착 후 콘크리트 타설)으로 구분된다.

말뚝의 지지력은 주면마찰력과 선단지지력의 합으로 구성되는데, 하중이 재하되어 침하가 진행될 때 한계(극한)주면마찰력은 비교적 작은 침하량에서 먼저 발현되고, 극한선단지지력은 그보다 큰 침하량이 있어야 완전히 발현된다.

타입말뚝은 항타 시 말뚝 주변 지반을 다지고 배제하여 조밀하게 만드는 효과(지반 다짐 효과)가 있어, 동일한 직경과 길이 조건에서 매입말뚝보다 지지력이 크게 나타나는 것이 일반적이다. 반면 타입말뚝은 시공 중 소음·진동이 크다는 단점이 있다.

부주면마찰력(negative skin friction)은 말뚝 주변 지반이 말뚝보다 더 많이 침하할 때 말뚝을 아래로 끌어내리는 방향으로 작용하는 마찰력으로, 연약지반에서 지하수위 저하에 따른 유효응력 증가로 압밀침하가 일어나면 발생할 수 있다.

NoteBase

선지별 해설

① 옳다. 말뚝은 시공방법에 따라 타입말뚝, 매입말뚝, 현장타설말뚝으로 크게 구분되며, 이는 말뚝기초 분류의 기본 체계이다.
② 옳다. 한계(극한)주면마찰력은 상대적으로 작은 침하량에서 발현되고, 극한선단지지력은 그보다 큰 침하량이 필요하므로, 주면마찰력 발현 침하량이 선단지지력 발현 침하량보다 작다는 설명은 맞는 내용이다.
③ 옳지 않다 → 이 선지가 정답이다. 타입말뚝은 항타관입 시 소음 및 진동이 많이 발생한다는 부분은 맞지만, 동일한 직경 및 크기의 매입말뚝과 비교할 때 지지력이 작다는 설명은 틀렸다. 타입말뚝은 항타 과정에서 주변 지반을 다지는 효과가 있어 일반적으로 매입말뚝보다 지지력이 크다.
④ 옳다. 연약지반에서 지하수위가 저하되면 유효응력이 증가하여 지반이 압밀침하를 일으키고, 이때 말뚝 주변 지반이 말뚝보다 더 많이 가라앉으면서 부주면마찰력이 발생할 수 있다.

오답 포인트

타입말뚝과 매입말뚝의 지지력 크기 비교를 반대로 외워 헷갈리는 경우가 많다. '소음·진동이 크다'는 단점과 '지지력이 작다'는 서술을 함께 묶어 그럴듯하게 만들었지만, 시공 시 불편함(소음·진동)과 지지력의 크기는 별개의 성질이다. 타입말뚝은 다짐 효과로 지지력이 오히려 크다는 점을 놓치면 이 선지를 옳은 설명으로 착각하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

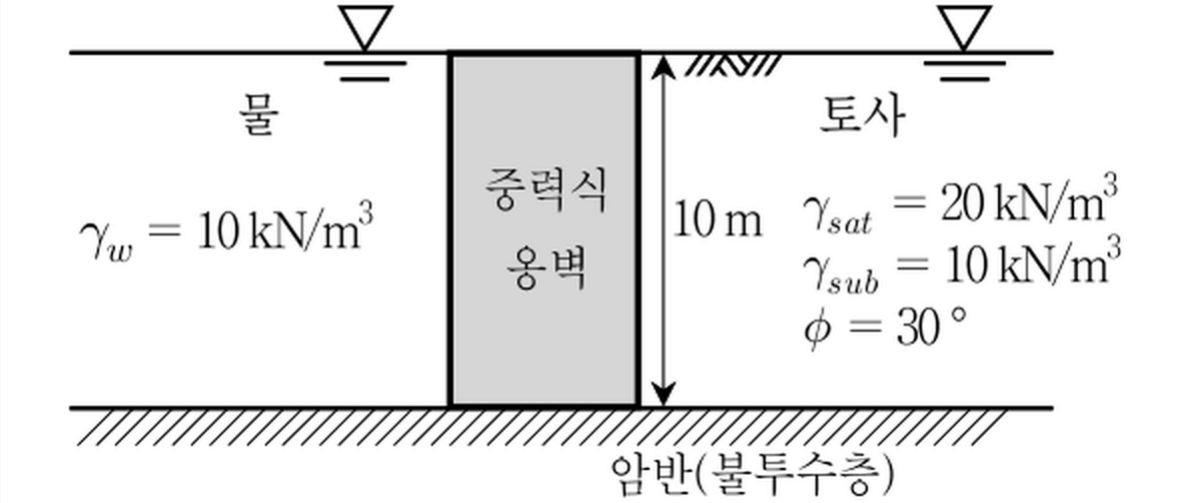
말뚝 시공법 비교 문제가 나오면 우선 '소음·진동'과 '지지력 크기'를 분리해서 각각 판단한다. 항타(타입)공법은 소음·진동이 크다는 것과 지반 다짐 효과로 지지력이 크다는 것은 동시에 성립하는 별개의 특성이므로, 두 성질을 뒤섞어 하나가 크면 다른 하나도 작을 것이라고 넘겨짚지 않는다.

암기 포인트

말뚝기초 분류=타입말뚝·매입말뚝·현장타설말뚝. 침하량 크기=주면마찰력 발현 침하량 < 선단지지력 발현 침하량. 지지력 크기=타입말뚝 > 매입말뚝(다짐 효과), 단 소음·진동은 타입말뚝이 큼. 부주면마찰력=지하수위 저하로 인한 압밀침하 시 발생.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 지진으로 인하여 호안에 설치된 중력식 옹벽의 배면지반에 액상화가 발생하고 진동이 끝난 후에도 액상화 상태가 유지될 때, 진동이 끝난 후 옹벽 양쪽 연직면에 작용하는 수평력의 차는?



① 0

② 166kN/m

③ 250kN/m

④ 500kN/m

정답 4번

출제 포인트

액상화가 발생한 배면 토사는 입자 간 접촉이 상실되어 유효응력이 0이 되고 과잉간극수압이 전체 상재하중을 지지하는 상태가 된다. 이때 액상화된 토사는 정지 상태의 유체처럼 거동하여 연직면에 작용하는 수평력이 물의 정수압과 같은 형태(단위중량만 다름)로 계산된다는 점을 이해하는지 묻는 문제이다.

조건 정리

옹벽 높이(수면~암반) $h = 10$ m
좌측(물): $\gamma_w = 10$ kN/m^3
우측(액상화된 토사): $\gamma_{sat} = 20$ kN/m^3
진동이 끝난 직후에도 액상화 상태가 유지되므로 우측 토사는 유효응력 0인 유체와 동일하게 거동한다.

NoteBase

사용할 공식

물 또는 액상화 유체가 정지 상태로 연직면에 작용하는 전체 수평력(단위 폭당)은 삼각형 압력분포의 합력으로 구한다.
$P = \frac{1}{2}\gamma h^2$
좌측 수평력 $P_w = \frac{1}{2}\gamma_w h^2$, 우측 수평력 $P_{liq} = \frac{1}{2}\gamma_{sat} h^2$이며, 구하는 값은 두 힘의 차 $\Delta P = P_{liq} - P_w$이다.

계산 과정

좌측 물에 의한 수평력:
$P_w = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^2 = 500$ kN/m
우측 액상화 토사에 의한 수평력(유효응력이 0이므로 전체 상재압이 그대로 수평압으로 작용, 즉 측방토압계수 $K = 1$인 유체와 동일):
$P_{liq} = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^2 = 1{,}000$ kN/m
두 수평력의 차:
$\Delta P = 1{,}000 - 500 = 500$ kN/m

선지 판단

① 0 → 양쪽 단위중량이 다르므로(물 10, 액상화 토사 20) 수평력의 차가 0이 될 수 없다. 틀린 표현 → 올바른 표현: 차는 0이 아니라 500 kN/m이다.
② 166 kN/m → 액상화를 고려하지 않고 유효응력 개념(예: γ_sub 사용)으로 잘못 계산했을 때 나올 수 있는 값에 가까우나, 액상화 상태에서는 유효응력이 0이므로 이 값은 성립하지 않는다.
③ 250 kN/m → 액상화 이전(액상화가 발생하지 않은 정상 상태, 유효응력 기반 정지토압)을 기준으로 계산하면 나올 법한 값이나, 문제는 액상화가 유지되는 진동 직후 상태를 묻고 있으므로 해당하지 않는다.
④ 500 kN/m → 좌측 물의 수평력 500 kN/m과 우측 액상화 토사(유체와 동일하게 거동, γ_sat 적용)의 수평력 1,000 kN/m의 차는 500 kN/m이므로 옳다.

오답 포인트

이 문제에서 가장 흔한 오류는 액상화 상태에서도 평소처럼 유효응력에 기반한 정지토압계수(예: $K_0 = 1 - \sin\phi$)나 γ_{sub}를 사용해 수평력을 계산하는 것이다. 액상화가 발생하면 흙 입자 간 접촉력(유효응력)이 사라지고 간극수압이 전체 상재하중을 떠받치므로, 액상화된 토사층은 더 이상 마찰에 의한 토압이 아니라 물처럼 전체 단위중량(γ_{sat})에 비례하는 정수압적 압력을 그대로 연직면에 전달한다는 점을 놓치면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

액상화 관련 옹벽 수평력 문제를 만나면 먼저 액상화 상태가 진동 중인지 진동 종료 후에도 유지되는지를 확인한다. 액상화가 유지되는 상태라면 배면 토사는 마찰각 ϕ나 정지토압계수를 적용하지 않고, 전체 단위중량 γ_{sat}을 그대로 사용한 정수압 형태($\frac{1}{2}\gamma_{sat} h^2$)로 수평력을 구한다. 그 다음 반대편(물 또는 비액상화 지반)의 수평력을 같은 방식으로 구해 차이를 계산한다.

NoteBase

암기 포인트

액상화 상태의 배면 토사 = 유효응력 0인 유체 취급 → 수평력 $= \frac{1}{2}\gamma_{sat}h^2$ (마찰각·토압계수 적용 안 함). 물의 수평력은 $\frac{1}{2}\gamma_w h^2$로 동일한 형태로 계산하며, 두 값의 단순 차로 최종 답을 구한다.

NoteBase