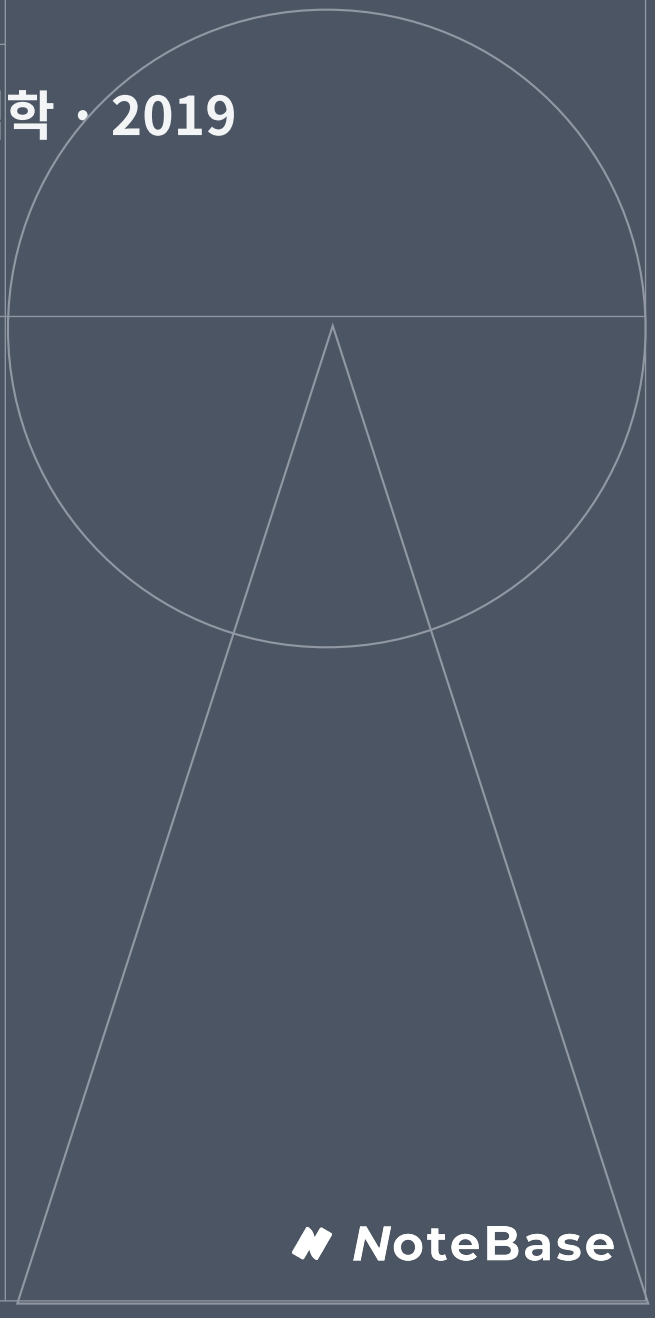
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2019



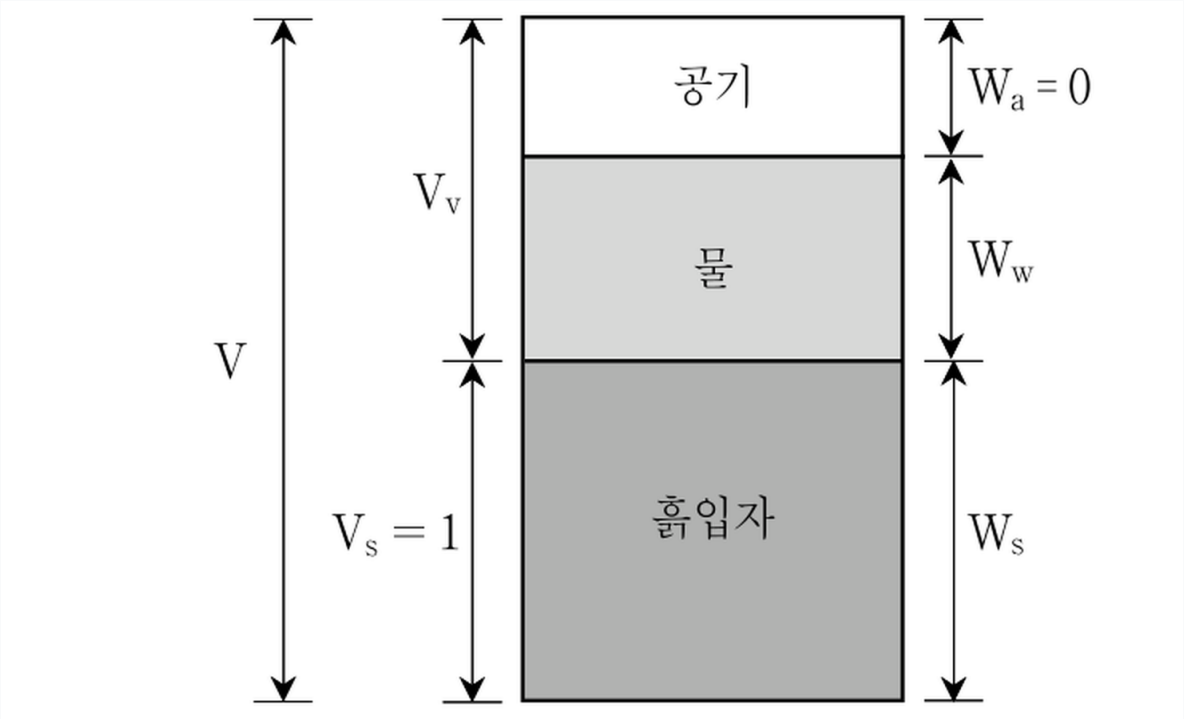
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2019

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2019

문 1. 그림과 같이 흙의 삼성체계를 표시할 때, 간극의 부피(V_v), 물만의 중량(W_w), 흙입자만의 중량(W_s)은? (단, W_a는 공기의 중량, e는 간극비, G_s는 흙입자의 비중, w는 함수비, γ_w는 물의 단위중량, V_s는 흙입자만의 부피이다)



① V_v: e, W_w: G_s, W_s: wG_s

② V_v: 1, W_w: $G_s\gamma_w$, W_s: $wG_s\gamma_w$

③ V_v: e, W_w: $G_s\gamma_w$, W_s: $wG_s\gamma_w$

④ V_v: e, W_w: $wG_s\gamma_w$, W_s: $G_s\gamma_w$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 흙의 삼상체계에서 간극비 e, 흙입자의 비중 G_s, 함수비 w의 정의를 $V_s = 1$ 조건에 대입하여 V_v, W_w, W_s를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값은 $V_s = 1$, e는 간극비, G_s는 흙입자의 비중, w는 함수비, γ_w는 물의 단위중량이라는 점이다.
구해야 할 값은 간극의 부피 V_v, 물만의 중량 W_w, 흙입자만의 중량 W_s이다.
주의할 조건은 G_s가 무차원량이므로 중량으로 바꿀 때 γ_w를 곱해야 하고, 함수비는 $w = W_w/W_s$로 정의된다는 점이다.

사용할 공식

$e = \frac{V_v}{V_s}, \quad G_s = \frac{W_s}{V_s\gamma_w}, \quad w = \frac{W_w}{W_s}$
이 공식을 쓰는 이유는 문제에서 바로 e, G_s, w, γ_w, V_s를 주었기 때문이다. 각 정의식을 그대로 V_v, W_w, W_s에 대해 정리하면 선지 값을 바로 판단할 수 있다.

계산 과정

1. 간극비 정의식 $e = V_v/V_s$에서 $V_s = 1$이므로 $V_v = eV_s = e$이다.
2. 비중 정의식 $G_s = W_s/(V_s\gamma_w)$에서 $V_s = 1$이므로 $W_s = G_sV_s\gamma_w = G_s\gamma_w$이다.
3. 함수비 정의식 $w = W_w/W_s$에서 $W_w = wW_s = wG_s\gamma_w$이다.
4. 따라서 $(V_v, W_w, W_s) = (e, wG_s\gamma_w, G_s\gamma_w)$이다.

선지별 해설

① X: $V_v = e$는 맞지만 $W_w = G_s$, $W_s = wG_s$는 틀리다. G_s를 중량으로 바꿀 때 γ_w가 빠졌고, 함수비 w도 흙입자 중량 W_s에 곱해 물의 중량 W_w를 만들어야 한다. 틀린 표현은 $W_w = G_s$, $W_s = wG_s$이고, 올바르게는 $W_w = wG_s\gamma_w$, $W_s = G_s\gamma_w$이다.
② X: $V_v = 1$이 틀리다. $V_s = 1$일 뿐이고 간극부피는 $V_v = eV_s = e$이다. 또한 $W_w = G_s\gamma_w$, $W_s = wG_s\gamma_w$도 함수비 위치가 서로 바뀌어 있다. 올바르게는 $V_v = e$, $W_w = wG_s\gamma_w$, $W_s = G_s\gamma_w$이다.
③ X: $V_v = e$는 맞지만 $W_w = G_s\gamma_w$, $W_s = wG_s\gamma_w$는 틀리다. 함수비 정의는 $w = W_w/W_s$이므로 물의 중량 쪽에 w가 붙어야 한다. 틀린 표현은 $W_w = G_s\gamma_w$, $W_s = wG_s\gamma_w$이고, 올바르게는 $W_w = wG_s\gamma_w$, $W_s = G_s\gamma_w$이다.
④ O: $V_v = e$, $W_s = G_s\gamma_w$, $W_w = wW_s = wG_s\gamma_w$로 모두 정의식과 일치한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $V_s = 1$을 보고 V_v까지 1로 착각하는 점과, $w = W_w/W_s$에서 w가 붙는 대상을 거꾸로 보는 점이다. 또 G_s를 단순 숫자로만 보고 γ_w를 빠뜨리면 ①처럼 단위가 맞지 않는 식을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

삼상체계 문제는 먼저 정의식을 그대로 쓴 뒤 $V_s = 1$을 대입하여 각 항을 하나씩 정리하면 된다. e는 부피비, G_s는 흙입자 중량으로 바꿀 때 γ_w가 필요하고, w는 항상 $W_w = wW_s$ 형태로 들어간다고 판단하면 된다.

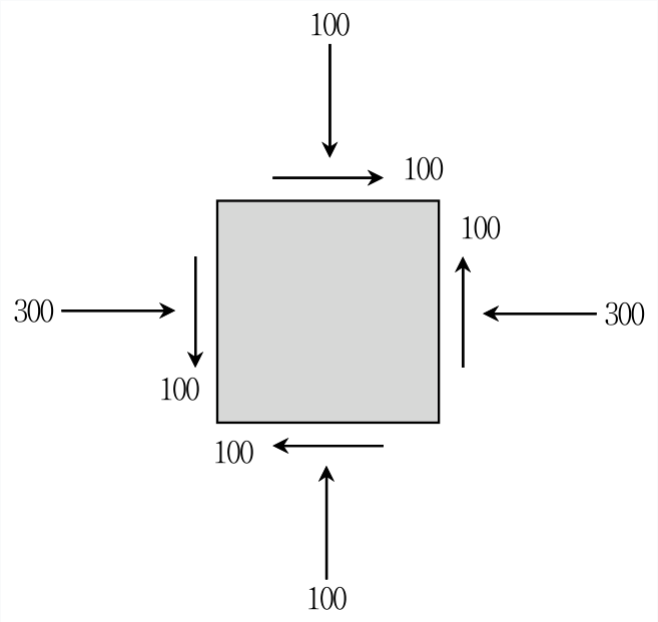
NoteBase

암기 포인트

$V_v = eV_s$, $W_s = G_sV_s\gamma_w$, $W_w = wW_s$의 세 식을 기준으로 보면 $V_s = 1$일 때 바로 $V_v = e$, $W_s = G_s\gamma_w$, $W_w = wG_s\gamma_w$가 된다.

NoteBase

문 2. 그림과 같은 미소요소에 수직응력과 전단응력이 작용하고 있다면, 발생 가능한 최소주응력 및 최대주응력은? (단, Mohr원에서 수직응력의 경우 압축력을 (+)로, 전단응력의 경우 반시계방향을 (+)로 표시하며, 단위는 kN/m^2이다)



① 최소주응력: $100\sqrt{2}-100$, 최대주응력: $100\sqrt{2}$

② 최소주응력: $200-100\sqrt{2}$, 최대주응력: $200+100\sqrt{2}$

③ 최소주응력: $200-100\sqrt{2}$, 최대주응력: $100\sqrt{2}$

④ 최소주응력: $100\sqrt{2}-100$, 최대주응력: $200+100\sqrt{2}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 평면응력 상태에서 Mohr원을 이용해 최소주응력과 최대주응력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 수평방향 수직응력은 $300kN/m^2$, 수직방향 수직응력은 $100kN/m^2$, 전단응력의 크기는 $100kN/m^2$이다.
구해야 할 값: 최소주응력과 최대주응력이다.
주의할 조건: 압축응력을 (+)로 두므로 두 수직응력은 모두 양수이고, 주응력의 크기는 전단응력 부호와 무관하게 평균응력과 Mohr원 반지름으로 결정된다.

NoteBase

사용할 공식

주응력 공식은 다음과 같다.
$\sigma_{1,3} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$
이 공식을 쓰는 이유는 그림이 서로 직교하는 두 면의 수직응력과 전단응력이 함께 주어진 평면응력 상태이기 때문이다.

계산 과정

1. 평균응력은 $\frac{300+100}{2} = 200 kN/m^2$이다.
2. Mohr원 반지름은 $\sqrt{\left(\frac{300-100}{2}\right)^2 + 100^2} = \sqrt{100^2 + 100^2} = 100\sqrt{2}\, kN/m^2$이다.
3. 따라서 최대주응력은 $200 + 100\sqrt{2}\, kN/m^2$, 최소주응력은 $200 - 100\sqrt{2}\, kN/m^2$이다.

선지별 해설

① X: 최소주응력을 $100\sqrt{2} - 100$, 최대주응력을 $100\sqrt{2}$로 본 값이다. Mohr원 반지름만 쓰고 평균응력 200을 반영하지 못한 오답이다. 올바르게는 최소주응력 $200 - 100\sqrt{2}$, 최대주응력 $200 + 100\sqrt{2}$이다.
② O: 평균응력 200에 반지름 $100\sqrt{2}$를 더하고 빼서 최대주응력 $200 + 100\sqrt{2}$, 최소주응력 $200 - 100\sqrt{2}$를 정확히 구한 값이다.
③ X: 최소주응력 $200 - 100\sqrt{2}$는 맞지만 최대주응력을 $100\sqrt{2}$로 두어 평균응력 200을 빠뜨렸다. 올바르게는 최대주응력도 $200 + 100\sqrt{2}$이어야 한다.
④ X: 최대주응력 $200 + 100\sqrt{2}$는 맞지만 최소주응력을 $100\sqrt{2} - 100$으로 잘못 계산했다. 최소주응력은 평균응력에서 반지름을 뺀 $200 - 100\sqrt{2}$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $100\sqrt{2}$를 주응력 자체로 착각하는 점이다. $100\sqrt{2}$는 Mohr원 반지름일 뿐이고, 실제 주응력은 반드시 평균응력 200을 기준으로 더하고 빼서 구해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

평면응력 계산형은 먼저 평균응력 $\frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$를 구하고, 다음에 반지름 $\sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau^2}$를 구한 뒤, 마지막에 평균응력에 반지름을 더하고 빼서 최대값과 최소값을 판단한다.

암기 포인트

주응력은 평균응력 ± Mohr원 반지름이다.

NoteBase

문 3. 포화된 점성토의 압밀비배수 삼축압축시험에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전응력과 유효응력의 파괴포락선은 동일하지 않다.

② 파괴 시 간극수압을 측정할 수 있다.

③ 전단과정에서 시료의 체적변화가 발생한다.

④ 전응력 Mohr원과 유효응력 Mohr원의 크기는 같다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 포화 점성토의 압밀비배수 삼축압축시험에서 압밀 단계와 전단 단계의 배수 조건, 그리고 전응력과 유효응력의 차이를 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

압밀비배수 삼축압축시험은 먼저 배수를 허용하여 압밀시킨 뒤, 전단 단계에서는 배수를 막고 하중을 가하는 시험이다. 전단 중에는 비배수 조건이므로 시료 체적은 변하지 않고, 간극수압 변화 때문에 전응력과 유효응력의 파괴거동은 서로 다르게 나타난다.

선지별 해설

1번: O. 압밀 후 비배수 전단을 하면 전단 중 과잉간극수압이 발생하므로 전응력과 유효응력의 파괴포락선은 일반적으로 일치하지 않는다.
2번: O. 압밀비배수 시험은 전단 중, 특히 파괴 시점의 간극수압을 측정할 수 있어 유효응력 해석이 가능하다.
3번: X. 틀린 표현은 "전단과정에서 시료의 체적변화가 발생한다"이다. 실제로는 전단 단계가 비배수 조건이므로 시료의 체적변화는 발생하지 않는다. 체적변화는 전단 전에 이루어지는 압밀 단계에서 나타난다.
4번: O. Mohr원의 크기는 반지름, 즉 주응력차의 절반으로 결정된다. 유효응력은 전응력에서 같은 간극수압만큼 평행이동한 값이므로 전응력 Mohr원과 유효응력 Mohr원의 크기는 같다.

오답 포인트

압밀비배수 시험이라는 이름 때문에 압밀 단계와 전단 단계를 한 번에 떠올리면 3번에 속기 쉽다. 압밀은 배수 허용, 전단은 비배수라는 단계 구분이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

삼축시험 문제는 먼저 압밀 단계와 전단 단계의 배수 조건을 나누어 본다. 그다음 비배수 전단이면 체적변화 없음, 간극수압 발생, 전응력과 유효응력 해석 분리라는 순서로 판단하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

CU시험은 압밀은 배수, 전단은 비배수이다. 따라서 전단 중 체적변화는 없고 간극수압은 생긴다.

NoteBase

문 4. Terzaghi의 1차원 압밀이론에 사용된 가정조건으로 옳지 않은 것은?

① 흙은 완전히 포화되어 있다.

② 흙입자는 압축성이다.

③ Darcy의 법칙이 성립된다.

④ 물은 비압축성이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 Terzaghi의 1차원 압밀이론에서 전제하는 포화 조건, 비압축성 가정, Darcy 법칙 성립 여부를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

Terzaghi의 1차원 압밀이론은 포화 점토층에서 간극수의 배수로 시간에 따른 체적 감소가 일어난다고 보는 이론이다.
이때 기본 가정은 흙이 완전 포화 상태이고, 물과 흙입자는 비압축성이며, 물의 흐름에는 Darcy의 법칙이 성립한다는 점이다.
따라서 압밀은 흙입자 자체가 눌려 줄어드는 현상이 아니라 간극수 배출로 간극비가 감소하는 현상으로 이해한다.

선지별 해설

① O
완전 포화는 1차원 압밀이론의 대표적 가정이다. 압밀은 포화토 내 간극수의 배수 거동을 다루므로 이 선지는 옳다.

② X
틀린 부분은 "흙입자는 압축성이다"라는 표현이다. Terzaghi의 1차원 압밀이론에서는 흙입자와 물을 모두 비압축성으로 가정한다. 올바르게는 "흙입자는 비압축성이다"이다.

③ O
간극수의 흐름을 계산할 때 Darcy의 법칙이 성립한다고 가정한다. 따라서 이 선지는 옳다.

④ O
물은 비압축성이라는 가정을 둔다. 압밀은 물 자체의 압축이 아니라 간극수 배출에 따른 체적 변화로 해석하므로 이 선지는 옳다.

NoteBase

오답 포인트

압밀을 "흙이 눌려서 압축되는 현상"으로 막연히 외우면 ②를 옳다고 착각하기 쉽다. 이 문항의 함정은 압밀의 원인을 흙입자 압축으로 바꾸어 놓은 점에 있다. 실제로는 흙입자와 물은 비압축성으로 보고, 간극수 배출과 간극 감소를 압밀의 핵심으로 본다.

다시 나오면 이렇게 판단

압밀이론 선지를 보면 먼저 "포화토인가", "물과 흙입자를 비압축성으로 보는가", "Darcy 법칙을 적용하는가"를 확인하면 된다. 선지가 압밀의 원인을 흙입자 자체의 압축으로 돌리면 틀린 선지일 가능성이 크다.

암기 포인트

압밀은 흙입자 압축이 아니라 포화토에서 간극수 배출로 간극이 줄어드는 현상이다.

NoteBase

문 5. 두께가 2cm인 점토시료에 대해 상재압 20kN/m^2으로 일면배수 실내압밀시험을 실시하였을 때, 10분 경과 후 평균과잉간극수압이 12kN/m^2이 되었다. 동일한 점토로 구성된 4m 두께의 점토층이 양면배수조건에서 40% 압밀되는 데 소요되는 시간은? (단, 압밀도 40%와 60%에 대한 시간계수 T_v는 각각 0.13과 0.29이다)

① 500분

② 25,000분

③ 100,000분

④ 400,000분

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 평균과잉간극수압으로 압밀도 U를 구한 뒤 시간계수 T_v와 배수거리 H_d의 관계로 현장 압밀 시간을 환산하는 문제이다.

조건 정리

- 실내 시료 두께는 $2cm$이고 일면배수이므로 배수거리는 $H_{d1} = 2cm = 0.02m$이다.
- 상재압은 $20kN/m^2$, 10분 후 평균과잉간극수압은 $12kN/m^2$이다.
- 따라서 10분 후 압밀도는 $U = 1 - 12/20 = 0.4$이다.
- 현장 점토층 두께는 $4m$이고 양면배수이므로 배수거리는 $H_{d2} = 4/2 = 2m$이다.
- 압밀도 40%의 시간계수는 $T_v = 0.13$이다.

사용할 공식

$U = 1 - \frac{\bar{u}}{\Delta p}$

$T_v = \frac{C_v t}{H_d^2}$

같은 점토로 압밀도도 40%로 같으므로 T_v와 C_v가 같아지고, 시간은 배수거리의 제곱에 비례한다.

계산 과정

1. 실내시험의 압밀도는 $U = 1 - 12/20 = 0.4$이므로 10분일 때 $T_v = 0.13$에 해당한다.
2. 실내시험에서 $C_v = T_v H_{d1}^2 / t_1 = 0.13 \times (0.02)^2 / 10 = 5.2 \times 10^{-6} m^2/min$이다.
3. 현장에서는 $t_2 = T_v H_{d2}^2 / C_v = 0.13 \times (2)^2 / (5.2 \times 10^{-6}) = 100{,}000$분이다.
4. 비례식으로 써도 $t_2 = t_1 (H_{d2}/H_{d1})^2 = 10 \times (2/0.02)^2 = 100{,}000$분으로 같다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 500분은 계산 결과인 100,000분과 맞지 않는다.
- 잘못된 표현은 "500분"이다. 올바르게는 배수거리가 100배 커지면 시간은 그 제곱인 10,000배가 되므로 $10 \times 10{,}000 = 100{,}000$분이다.

② X
- 25,000분은 양면배수 조건의 배수거리 제곱관계를 충분히 반영하지 못한 값이다.
- 잘못된 표현은 "25,000분"이다. 올바르게는 현장 배수거리가 $2m$, 실내 배수거리가 $0.02m$이므로 시간은 100,000분이다.

③ O
- 실내시험과 현장 모두 압밀도 40%를 묻기 때문에 $T_v = 0.13$을 그대로 사용한다.
- 일면배수 시료의 배수거리는 $2cm$, 양면배수 $4m$층의 배수거리는 $2m$이므로 계산 결과는 100,000분이다.

④ X
- 400,000분은 현장층 두께 $4m$ 전체를 배수거리로 놓아 양면배수 조건을 무시할 때 나오는 과대값이다.
- 잘못된 표현은 "400,000분"이다. 올바르게는 양면배수에서는 배수거리가 두께의 절반인 $2m$이므로 100,000분이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 시료 두께와 배수거리를 같은 값으로 보지 못하거나, 양면배수 조건에서 현장 배수거리를 $4m$로 잘못 두는 점이다. 또한 평균과잉간극수압 $12kN/m^2$를 그대로 압밀도로 오해하면 $U = 0.4$를 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

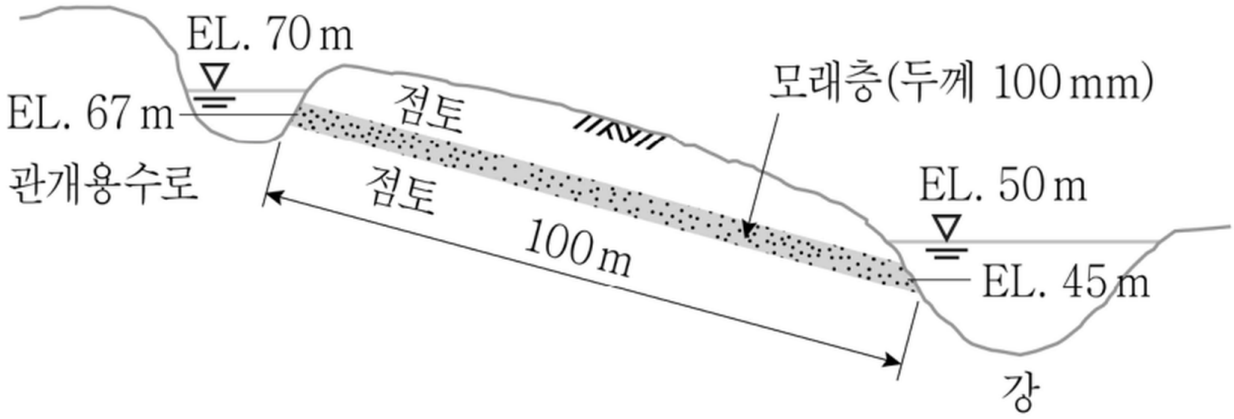
압밀 시간 문제는 먼저 $U = 1 - \bar{u}/\Delta p$로 현재 압밀도를 찾고, 그 압밀도에 대응하는 T_v를 고른다. 그다음 배수조건에서 배수거리 H_d를 정한 뒤 $t \propto H_d^2$로 환산하면 된다.

암기 포인트

압밀 시간은 같은 압밀도에서 $t \propto H_d^2$이며, 양면배수의 배수거리는 층두께의 절반이다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 관개용수로가 강과 평행하게 계획되었다. 불투수성의 점토층 사이에 $100mm$ 두께의 모래층이 협재되어 있을 때, 관개용수로에서 모래층을 통해 강으로 누수되는 단위폭당 누수량은? (단, 모래층의 투수계수는 $80m/day$ 이고, Darcy의 법칙이 성립하며, 강과 관개용수로의 수위는 일정하게 유지된다)



① $1.6m^3/day/m$

② $3.2m^3/day/m$

③ $8.0m^3/day/m$

④ $16.0m^3/day/m$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 피압 상태의 모래층을 따라 흐르는 단위폭당 누수량을 Darcy 법칙으로 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 모래층 투수계수는 $80m/day$ 이고, 모래층 두께는 $100mm = 0.1m$, 흐름 길이는 $100m$ 이다.
구해야 할 값: 관개용수로에서 강으로 흐르는 단위폭당 누수량이다.
주의할 조건: 수두차는 모래층 양 끝의 자유수면 고도 차이이므로 $70 - 50 = 20m$ 로 본다. $67m$ 와 $45m$ 는 바닥고로서 전체수두가 아니다.

NoteBase

사용할 공식

Darcy 법칙은 $q = kiA$이다.
이때 수리경사는 $i = \Delta h/L$, 단위폭당 단면적은 A=두께×1이다.
이 공식을 쓰는 이유: 모래층이 점토층 사이에 끼인 1차원 정상 침투 조건이고, 문제에서 Darcy의 법칙이 성립한다고 주어졌기 때문이다.

계산 과정

1. 수두차는 양쪽 자유수면의 차이이므로 $\Delta h = 70 - 50 = 20m$이다.
2. 수리경사는 $i = \Delta h/L = 20/100 = 0.2$이다.
3. 단위폭당 침투 단면적은 $A = 0.1 \times 1 = 0.1m^2$이다.
4. 따라서 누수량은 $q = kiA = 80 \times 0.2 \times 0.1 = 1.6m^3/day/m$이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 $1.6m^3/day/m$이므로 옳다.

② X
- 틀린 표현은 누수량을 $3.2m^3/day/m$로 본 수치이다.
- Darcy 계산 결과는 $1.6m^3/day/m$이므로 올바르게는 $1.6m^3/day/m$이어야 한다.
- 이런 오답은 모래층 단면적을 실제보다 크게 잡거나 수두차를 중복 반영할 때 나오기 쉽다.

③ X
- 틀린 표현은 누수량을 $8.0m^3/day/m$로 본 수치이다.
- 올바른 값은 $1.6m^3/day/m$이다.
- 이런 오답은 두께 $0.1m$를 누락하고 $q = ki$만 계산하거나 단위를 잘못 적용할 때 생긴다.

④ X
- 틀린 표현은 누수량을 $16.0m^3/day/m$로 본 수치이다.
- 올바르게는 단위폭당 단면적 $0.1m^2$를 곱해야 하므로 $1.6m^3/day/m$이다.
- 이 값은 모래층 두께 $100mm$를 $0.1m$로 바꾸지 않고 단면적을 $1m^2$처럼 취급한 실수에 해당한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $67m$와 $45m$를 수위로 착각하는 점과, $100mm$를 $0.1m$로 바꾸지 않고 단면적 계산을 틀리는 점이다. 피압수의 전체수두는 자유수면 고도로 잡아야 하므로 수두차는 바닥고 차가 아니라 수면고 차이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

계산형 침투 문제는 먼저 흐름 경로를 정하고, 다음에 수두차를 자유수면 기준으로 읽고, 마지막에 단면적의 두께 단위를 m로 통일한 뒤 $q = k(\Delta h/L)A$에 대입하면 된다.

암기 포인트

피압 침투의 단위폭당 유량은 $q = k(\Delta h/L)t$이고, 여기서 t는 모래층 두께이다.

NoteBase

문 7. 동일한 흙시료에 대해서 직접전단시험을 수행한 결과, 수직응력이 $100kN/m^2$일 때 전단강도가 $60kN/m^2$, 수직응력이 $200kN/m^2$일 때 전단강도가 $100kN/m^2$이었다면, 이 흙시료의 점착력은? (단, Mohr-Coulomb의 파괴기준을 따른다)

① $20kN/m^2$

② $40kN/m^2$

③ $80kN/m^2$

④ $100kN/m^2$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직접전단시험 결과 두 점으로 Mohr-Coulomb 파괴식 $\tau = c + \sigma\tan\phi$를 세워 점착력 c를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 수직응력 $100kN/m^2$에서 전단강도 $60kN/m^2$, 수직응력 $200kN/m^2$에서 전단강도 $100kN/m^2$이다.
구해야 할 값은 점착력 c이다.
같은 흙시료이므로 c와 ϕ는 두 시험에서 동일하다.

사용할 공식

사용 공식은 $\tau = c + \sigma\tan\phi$이다.
직접전단시험에서 파괴 시 전단강도 τ와 수직응력 σ의 관계를 직선으로 두면 절편이 점착력 c, 기울기가 $\tan\phi$가 된다.

계산 과정

두 식을 세우면 $60 = c + 100\tan\phi$, $100 = c + 200\tan\phi$이다.
두 식을 빼면 $40 = 100\tan\phi$이므로 $\tan\phi = 0.4$이다.
이를 첫째 식에 대입하면 $60 = c + 100 \times 0.4 = c + 40$이므로 $c = 20kN/m^2$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 O: 계산한 점착력이 $20kN/m^2$이므로 옳다.
2번 X: '점착력이 $40kN/m^2$이다'라는 판단이 틀렸다. $40kN/m^2$는 두 시험 결과 차이로부터 나온 $100\tan\phi$ 값일 뿐이며, 올바르게는 점착력이 $20kN/m^2$이다.
3번 X: '점착력이 $80kN/m^2$이다'라는 판단이 틀렸다. $80kN/m^2$가 되려면 식에서 절편과 기울기항을 잘못 더해야 하며, 올바르게는 점착력이 $20kN/m^2$이다.
4번 X: '점착력이 $100kN/m^2$이다'라는 판단이 틀렸다. $100kN/m^2$는 두 번째 시험의 전단강도이지 점착력이 아니며, 올바르게는 점착력이 $20kN/m^2$이다.

오답 포인트

전단강도 τ 전체와 점착력 c를 같은 값으로 보는 실수가 잦다. 특히 $40kN/m^2$를 절편이 아니라 기울기항 $100\tan\phi$로 해석해야 한다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

직접전단시험에서 두 점이 주어지면 먼저 두 식을 빼서 $\tan\phi$를 구하고, 그다음 원식에 대입해 절편 c를 구하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

Mohr-Coulomb 직선에서 기울기는 $\tan\phi$, τ축 절편은 점착력 c이다.

NoteBase

문 8. 내부마찰각 0, 일축압축강도 $90kN/m^2$, 습윤단위중량 $20kN/m^3$인 평평한 지반을 흙막이 없이 연직으로 최대한 깊게 무지보 굴착(open cut)을 하려고 한다. 설계 안전율 1.5를 적용할 때, 설계 굴착깊이는? (단, 설계 안전율은 흙막이 없이 연직으로 무지보 굴착이 가능한 이론적 최대깊이를 설계 굴착깊이로 나눈 값이다)

① 3.0 m

② 4.5 m

③ 6.0 m

④ 9.0 m

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 $\phi = 0$ 점성토의 흙막이 없는 연직 open cut에서 이론적 최대굴착깊이와 설계 안전율의 관계를 이용해 설계 굴착깊이를 구하는 문제이다.

조건 정리

- 주어진 값: 내부마찰각 0, 일축압축강도 $90kN/m^2$, 습윤단위중량 $20kN/m^3$, 설계 안전율 1.5이다.
- 구해야 할 값: 설계 굴착깊이이다.
- 주의할 조건: 일축압축강도 q_u는 비배수 점착력 c_u의 2배이므로 $c_u = q_u/2$로 바꾸어야 한다. 또 연직 무지보 굴착의 이론적 최대깊이는 장력균열깊이 $z_c = 2c_u/\gamma$가 아니라 그 2배인 $H_c = 4c_u/\gamma$이다.

사용할 공식

$c_u = \frac{q_u}{2}$

$H_c = \frac{4c_u}{\gamma}$

$F_s = \frac{H_c}{H_{design}}$

이 문제는 내부마찰각이 0인 포화 점성토의 연직 절취 안정 문제이므로 Rankine 토압에서 인장균열이 생기는 깊이를 이용해 이론적 최대 무지보 굴착깊이 H_c를 구한 뒤, 이를 설계 안전율로 나누어 설계 굴착깊이를 계산한다.

계산 과정

1. 일축압축강도에서 점착력을 구하면 $c_u = q_u/2 = 90/2 = 45kN/m^2$이다.
2. 이론적 최대 무지보 굴착깊이는 $H_c = 4c_u/\gamma = 4 \times 45/20 = 9.0m$이다.
3. 설계 안전율 $F_s = H_c/H_{design} = 1.5$이므로 $H_{design} = H_c/F_s = 9.0/1.5 = 6.0m$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 3.0m는 정답값이 아니다. 이 값은 장력균열깊이 $z_c = 2c_u/\gamma = 4.5m$를 최대굴착깊이로 잘못 본 뒤 다시 안전율 1.5를 나누면 나오는 값이다.
- 틀린 표현은 최대굴착깊이를 $2c_u/\gamma$로 본 점이다. 올바르게는 이론적 최대 무지보 굴착깊이는 $4c_u/\gamma$이므로 설계 굴착깊이는 6.0m이다.

② X

- 4.5m는 정답값이 아니다. 이 값은 $2c_u/\gamma$만 계산한 장력균열깊이이며, 문제에서 요구한 설계 굴착깊이가 아니다.
- 틀린 표현은 장력균열깊이를 그대로 굴착깊이로 본 점이다. 올바르게는 이론적 최대깊이 9.0m를 먼저 구하고, 설계 안전율을 적용해 6.0m로 판단한다.

③ O

- $c_u = 45kN/m^2$, $H_c = 4c_u/\gamma = 9.0m$, $H_{design} = 9.0/1.5 = 6.0m$이므로 맞는 값이다.

④ X

- 9.0m는 이론적으로 가능한 최대 무지보 굴착깊이이다. 문제는 설계 안전율 1.5를 적용한 설계 굴착깊이를 묻고 있으므로 그대로 답이 될 수 없다.
- 틀린 표현은 이론적 최대깊이를 설계깊이로 본 점이다. 올바르게는 9.0m를 1.5로 나눈 6.0m가 설계 굴착깊이이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 q_u를 바로 c_u로 쓰거나, 장력균열깊이 $2c_u/\gamma$와 이론적 최대 무지보 굴착깊이 $4c_u/\gamma$를 혼동하는 점이다. ②와 ④는 각각 장력균열깊이와 이론최대깊이를 그대로 고른 경우를 노린 선택지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

점성토 open cut 계산형 문제는 $q_u \rightarrow c_u = q_u/2$ 변환을 먼저 한 뒤, $\phi = 0$이면 이론적 최대깊이 $4c_u/\gamma$를 구하고, 마지막에 설계 안전율로 나누는 순서로 판단한다.

암기 포인트

일축압축강도 q_u는 $2c_u$, 장력균열깊이는 $2c_u/\gamma$, 연직 무지보 최대굴착깊이는 그 2배인 $4c_u/\gamma$이다.

NoteBase

문 9. 흙의 다짐특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 일반적으로, 동일한 다짐에너지 조건에서 소성성이 작은 세립토가 소성성이 큰 세립토보다 최대건조단위중량이 작다.

② 일반적으로, 동일한 다짐에너지 조건에서 입도분포가 좋은 조립토가 입도분포가 나쁜 조립토보다 최대건조단위중량이 크다.

③ 동일한 흙시료에 대해서 다짐에너지가 클수록 최대건조단위중량은 커지고 최적함수비는 작아진다.

④ 일반적으로, 흙댐의 심벽 등 차수목적으로 흙을 다질 경우에는 습윤측 다짐을 하는 것이 좋다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 흙의 소성성, 입도분포, 다짐에너지, 습윤측·건조측 다짐에 따라 최대건조단위중량과 최적함수비가 어떻게 달라지는지를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

소성성이 작은 세립토는 일반적으로 소성성이 큰 세립토보다 더 조밀하게 다져져 최대건조단위중량이 크고 최적함수비는 작다.
입도분포가 좋은 조립토는 입자 사이 빈틈이 잘 메워져 입도분포가 나쁜 조립토보다 최대건조단위중량이 크다.
같은 흙이라면 다짐에너지가 커질수록 최대건조단위중량은 커지고 최적함수비는 작아진다.
차수 목적의 점성토 다짐은 투수성을 낮추기 위해 일반적으로 최적함수비보다 약간 습한 습윤측 다짐이 유리하다.

선지별 해설

① X: 틀린 부분은 "소성성이 작은 세립토가 소성성이 큰 세립토보다 최대건조단위중량이 작다"는 표현이다. 일반적으로는 반대이다. 소성성이 큰 흙일수록 물의 영향이 크고 다져도 건조단위중량이 덜 증가하므로, 소성성이 작은 세립토가 더 큰 최대건조단위중량을 보인다.
② O: 입도분포가 좋은 조립토는 큰 입자와 작은 입자가 빈 공간을 효과적으로 메우므로 더 조밀하게 다져진다. 따라서 입도분포가 나쁜 조립토보다 최대건조단위중량이 크게 나타난다.
③ O: 동일한 흙시료에 다짐에너지를 더 크게 가하면 입자 재배열이 더 잘 일어나 최대건조단위중량이 증가한다. 같은 이유로 최적 상태에 필요한 함수비는 작아져 최적함수비가 감소한다.
④ O: 흙댐 심벽처럼 차수가 중요한 구간은 강도보다 낮은 투수성이 더 중요하므로 일반적으로 습윤측 다짐이 유리하다. 습윤측에서는 점성토 구조가 더 치밀해져 물의 통과가 줄어드는 경향이 있다.

NoteBase

오답 포인트

①은 소성성과 최대건조단위중량의 상관관계를 반대로 바꿔 놓은 선지이다. 세립토에서는 소성성이 커질수록 최적함수비는 커지고 최대건조단위중량은 작아지는 경향이 있는데, 이를 뒤집으면 오답이 된다. ④는 습윤측 다짐이 강도 측면에서는 불리할 수 있다는 점 때문에 헷갈리기 쉽지만, 이 선지는 차수 목적을 묻고 있으므로 투수성 관점에서 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

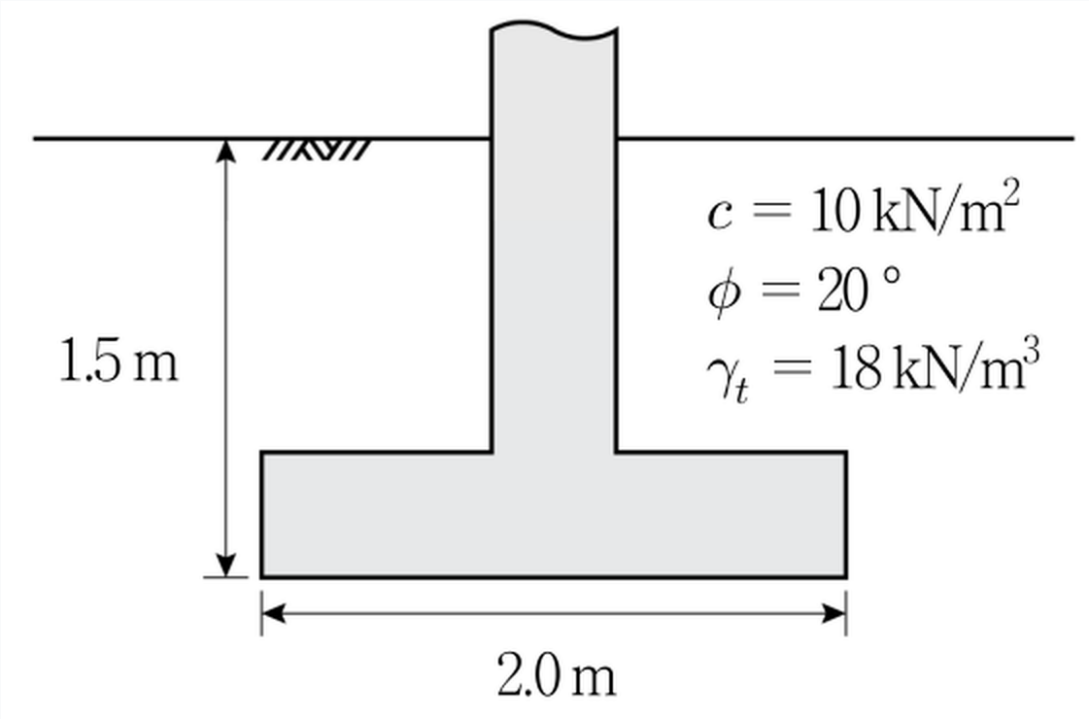
세립토는 소성성이 커질수록 더 가볍고 더 젖은 상태에서 다져진다고 판단한다. 조립토는 입도분포가 좋을수록 더 무겁게 다져진다고 본다. 같은 흙에 에너지를 더 주면 최대건조단위중량은 증가하고 최적함수비는 감소한다고 연결한다. 차수 목적이 보이면 습윤측 다짐을 먼저 떠올린다.

암기 포인트

고소성 세립토는 가볍고 젖게, 고에너지 다짐은 무겁고 건조하게, 차수 목적은 습윤측으로 정리된다.

NoteBase

문 10. 그림과 같이 기초폭이 $2m$인 띠기초를 지표면 아래 $1.5m$ 깊이에 설치하였을 때, 기초의 전반전단파괴에 대한 극한지지력은? (단, 기초지반의 점착력 c는 $10kN/m^2$, 내부마찰각 ϕ는 20°, 습윤단위중량 γ_t는 $18kN/m^3$이며, Terzaghi의 지지력공식과 지지력계수는 $N_c = 18$, $N_\gamma = 5$, $N_q = 7$을 사용한다)



① $459kN/m^2$

② $479kN/m^2$

③ $499kN/m^2$

④ $519kN/m^2$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 Terzaghi의 전반전단파괴 지지력공식으로 띠기초의 극한지지력 q_u를 계산하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:

- $B = 2m, D_f = 1.5m$
- $c = 10kN/m^2, \phi = 20^\circ, \gamma_t = 18kN/m^3$
- $N_c = 18, N_q = 7, N_\gamma = 5$

구해야 할 값:

- 전반전단파괴에 대한 극한지지력 q_u

주의할 조건:

- 근입깊이로 생기는 상재압 $q = \gamma_t D_f$를 먼저 구해 qN_q항에 반영한다.

사용할 공식

$q_u = cN_c + \gamma_t D_f N_q + \frac{1}{2}\gamma_t B N_\gamma$

이 식을 쓰는 이유:

- 문제에서 띠기초의 폭, 근입깊이, 점착력, 단위중량, 지지력계수 N_c, N_q, N_γ를 모두 주었으므로 Terzaghi의 전반전단파괴 식을 그대로 적용하는 상황이다.

계산 과정

1. 상재압을 계산한다.

$q = \gamma_t D_f = 18 \times 1.5 = 27kN/m^2$

2. 각 항을 계산한다.

$cN_c = 10 \times 18 = 180kN/m^2$

$qN_q = 27 \times 7 = 189kN/m^2$

$\frac{1}{2}\gamma_t B N_\gamma = \frac{1}{2} \times 18 \times 2 \times 5 = 90kN/m^2$

3. 모두 합한다.

$q_u = 180 + 189 + 90 = 459kN/m^2$

계산 결과 극한지지력은 $459kN/m^2$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 계산 결과가 $459kN/m^2$이므로 옳다.
- 전반전단파괴 식의 세 항 cN_c, $\gamma_t D_f N_q$, $\frac{1}{2}\gamma_t B N_\gamma$를 모두 더하면 정확히 이 값이 나온다.

② X
- $479kN/m^2$는 Terzaghi 식에 주어진 수치를 정확히 대입한 결과와 일치하지 않는다.
- 틀린 표현은 극한지지력을 $479kN/m^2$로 본 부분이다. 올바르게는 $459kN/m^2$이다.
- 이런 오답은 세 항 중 하나를 과대계산하거나 덧셈을 잘못했을 때 나온다.

③ X
- $499kN/m^2$도 계산값과 다르다.
- 틀린 표현은 극한지지력을 $499kN/m^2$로 본 부분이다. 올바르게는 $459kN/m^2$이다.
- 이런 오답은 qN_q항이나 $\frac{1}{2}\gamma_t B N_\gamma$항을 크게 잡았을 때 나온다.

④ X
- $519kN/m^2$ 역시 계산 결과와 맞지 않는다.
- 틀린 표현은 극한지지력을 $519kN/m^2$로 본 부분이다. 올바르게는 $459kN/m^2$이다.
- 이런 오답은 근입깊이 효과와 폭 효과를 중복 반영하는 식의 항목 혼동에서 자주 나온다.

오답 포인트

이 문제의 함정은 근입깊이 효과를 나타내는 $\gamma_t D_f N_q$항과 기초폭 효과를 나타내는 $\frac{1}{2}\gamma_t B N_\gamma$항을 섞어 계산하는 데 있다. 특히 $q = \gamma_t D_f$를 먼저 구하지 않거나, 세 항을 계산한 뒤 단순 합산에서 실수하면 보기처럼 비슷한 숫자 오답이 만들어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

띠기초 지지력 문제는 먼저 기초 형식을 확인하고, 다음으로 $q = \gamma_t D_f$를 계산한 뒤, 마지막에 cN_c, qN_q, $\frac{1}{2}\gamma_t B N_\gamma$의 세 항을 따로 구해 합산하면 안정적으로 판단할 수 있다.

암기 포인트

Terzaghi 띠기초 전반전단파괴식은 $q_u = cN_c + \gamma_t D_f N_q + \frac{1}{2}\gamma_t B N_\gamma$이며, 근입깊이는 N_q항에, 기초폭은 N_γ항에 들어간다.

NoteBase

문 11. 포화된 점토지반과 모래지반에 각각 직경 30 cm의 평판재하시험을 한 결과 150kN/m^2의 동일한 극한지지력을 얻었다. 동일한 점토지반과 모래지반에 각각 직경 1.5 m의 얕은 기초를 시공했을 때, 각 지반에 설치된 기초의 극한지지력은? (단, 포화된 점토지반의 내부마찰각은 0이고, 모래지반의 점착력은 0이다)

① 점토지반: 150kN/m^2, 모래지반: 750kN/m^2

② 점토지반: 150kN/m^2, 모래지반: 150kN/m^2

③ 점토지반: 750kN/m^2, 모래지반: 750kN/m^2

④ 점토지반: 750kN/m^2, 모래지반: 150kN/m^2

정답 1번

출제 포인트

판재하시험 결과를 실제 기초 크기로 환산할 때 포화 점토지반과 모래지반의 규모효과를 구분하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 판 직경 $0.3m$, 실제 기초 직경 $1.5m$, 판재하시험 극한지지력 $150kN/m^2$이다.
포화 점토지반은 내부마찰각이 0이고, 모래지반은 점착력이 0이다.
직경비는 $\frac{1.5}{0.3} = 5$이다.

사용할 공식

포화 점토지반은 $\phi = 0$이므로 극한지지력이 기초폭 B의 영향을 거의 받지 않아 $q_u \approx c_u N_c$로 본다.
모래지반은 $c = 0$이므로 얕은 기초에서 $q_u \propto B$로 본다.
같은 형상과 같은 조건에서는 점토는 크기가 바뀌어도 극한지지력이 거의 같고, 모래는 기초폭 비율만큼 커진다.

계산 과정

1. 점토지반은 $\phi = 0$ 조건이므로 기초 직경이 $0.3m$에서 $1.5m$로 커져도 극한지지력을 같은 값으로 본다.
2. 따라서 점토지반의 극한지지력은 그대로 $150kN/m^2$이다.
3. 모래지반은 $q_u \propto B$이므로 $150 \times 5 = 750kN/m^2$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
점토지반은 $\phi = 0$인 포화 점토로 보아 극한지지력이 기초폭 변화에 거의 좌우되지 않으므로 $150kN/m^2$가 맞다. 모래지반은 점착력이 없어서 극한지지력이 기초폭에 비례하므로 직경이 5배가 되면 $750kN/m^2$가 된다.
② X
점토지반을 $150kN/m^2$로 본 부분은 맞지만, 모래지반을 $150kN/m^2$로 둔 부분이 틀리다. 올바르게는 모래지반이 $750kN/m^2$이다.
③ X
모래지반을 $750kN/m^2$로 본 부분은 맞지만, 점토지반을 $750kN/m^2$로 본 부분이 틀리다. 올바르게는 점토지반이 $150kN/m^2$이다.
④ X
점토지반을 $750kN/m^2$로 본 부분과 모래지반을 $150kN/m^2$로 본 부분이 모두 틀리다. 올바른 조합은 점토지반 $150kN/m^2$, 모래지반 $750kN/m^2$이다.

오답 포인트

판재하시험값을 모든 지반에서 그대로 실제 기초에 적용한다고 보면 ②로 흐르기 쉽다. 반대로 두 지반 모두 직경비 5배를 곱한다고 보면 ③으로 흐르기 쉽다. 이 문항의 함정은 점토와 모래의 규모효과가 다르다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

판재하시험 환산 문제는 먼저 $\phi = 0$ 또는 $c = 0$ 조건을 확인하고, 점토처럼 기초폭 영향이 거의 없는지, 모래처럼 B에 비례하는지를 구분한 뒤 직경비를 적용해 판단한다.

암기 포인트

포화 점토는 거의 크기 무관, 모래는 기초폭 비례라는 구분이 핵심이다.

NoteBase

문 12. 지반의 횡방향 토압에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 정지토압은 벽체의 수평변위가 전혀 발생하지 않을 때 벽체에 작용하는 토압이다.

② 수동토압은 흙이 벽체에게 밀려 수평방향 압축이 발생되어 파괴에 이르렀을 때의 토압이다.

③ 정지토압계수는 1.0보다 클 수 없다.

④ 정지토압계수는 실내 삼축압축시험으로 구할 수도 있다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 정지토압, 주동토압, 수동토압의 발생 조건과 정지토압계수의 성질을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

정지토압은 벽체의 수평변위가 없을 때 작용하는 토압이다.
주동토압은 벽체가 흙에서 멀어지면서 흙이 수평방향으로 팽창하여 파괴상태에 이를 때의 토압이다.
수동토압은 벽체가 흙 쪽으로 밀리면서 흙이 수평방향으로 압축되어 파괴상태에 이를 때의 토압이다.
정지토압계수 K_0는 보통 1보다 작지만, 과압밀토에서는 1보다 커질 수도 있다.

선지별 해설

① O: 정지토압의 정의를 그대로 설명한 선지이다. 벽체에 수평변위가 발생하지 않을 때의 토압이 정지토압이다.
② O: 수동토압은 흙이 벽체에 의해 눌려 수평방향 압축이 진행되고, 결국 파괴에 이를 때의 토압이다.
③ X: 틀린 부분은 "1.0보다 클 수 없다"이다. 정지토압계수 K_0는 과압밀토에서는 1.0보다 커질 수 있으므로, 올바르게는 "정지토압계수는 토질 상태에 따라 1.0보다 클 수도 있다"이다.
④ O: 정지토압계수는 실내 시험으로 평가할 수 있으며, 삼축압축시험에서 횡방향 변형을 억제하는 방식 등으로 구할 수 있다.

오답 포인트

주동토압과 수동토압은 둘 다 파괴상태의 토압이어서 서로 헷갈리기 쉽다. 이 문제의 함정은 ③처럼 정지토압계수를 항상 1 이하의 값으로 단정하게 만드는 데 있다. 정규압밀토의 전형값만 기억하면 과압밀토에서 K_0가 1을 넘을 수 있다는 점을 놓치게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

토압 문제는 먼저 벽체가 움직이지 않는지, 흙에서 멀어지는지, 흙 쪽으로 밀어붙이는지를 본다. 변위가 없으면 정지, 벽체가 뒤로 물러나 흙이 이완되면 주동, 벽체가 흙을 밀어 압축하면 수동으로 판단한다. 이어서 계수에 대한 절대 표현인 "반드시", "클 수 없다"가 나오면 과압밀 여부까지 함께 점검한다.

NoteBase

암기 포인트

정지=무변위, 주동=벽체 이탈, 수동=벽체 압입, 과압밀토의 K_0는 1을 넘을 수 있다.

NoteBase

문 13. 현장에서 수행하는 원위치 시험이 아닌 것은?

① 루전(Lugeon) 시험

② 콘관입시험

③ 공내재하시험

④ 비중계(Hydrometer) 시험

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 현장에서 직접 수행하는 원위치 시험과 시료를 채취해 실내에서 수행하는 시험을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

원위치 시험은 지반을 원래 자리에서 직접 조사하거나 재하해 현장 상태의 강도·변형·투수성을 파악하는 시험이다. 실내시험은 채취한 시료를 실험실로 가져와 입도, 압밀, 전단 특성 등을 측정하는 시험이다. 루전 시험은 암반의 투수성을 현장에서 압력 주수로 평가하고, 콘관입시험은 관입저항을 현장에서 측정하며, 공내재하시험은 공벽에 하중을 가해 변형 특성을 현장에서 본다. 비중계 시험은 미세립분의 입도분포를 실내에서 침강 속도로 구하는 시험이다.

선지별 해설

① X: 루전(Lugeon) 시험은 보링공 구간에 압력을 가해 물을 주입하고 흡수량으로 암반의 투수성을 평가하는 현장 원위치 시험이다. 틀린 표현은 이 선지가 '원위치 시험이 아닌 것'에 해당한다는 판단이다. 올바르게는 루전 시험은 현장에서 수행하는 원위치 시험이다.
② X: 콘관입시험은 콘을 지반에 관입시켜 선단저항과 주면마찰 등을 현장에서 측정하는 원위치 시험이다. 틀린 표현은 이 선지가 '원위치 시험이 아닌 것'에 해당한다는 판단이다. 올바르게는 콘관입시험은 현장 관입저항을 보는 원위치 시험이다.
③ X: 공내재하시험은 보링공 벽면에 재하하여 지반의 변형계수나 지지 특성을 현장에서 확인하는 원위치 시험이다. 틀린 표현은 이 선지가 '원위치 시험이 아닌 것'에 해당한다는 판단이다. 올바르게는 공내재하시험은 현장에서 수행하는 재하시험 계열의 원위치 시험이다.
④ O: 비중계(Hydrometer) 시험은 흙입자의 침강 속도 차이를 이용해 세립토의 입도분포를 실내에서 구하는 시험이므로 원위치 시험이 아니다.

오답 포인트

재하시험, 관입시험, 주수시험처럼 현장에서 장비를 직접 넣어 측정하는 시험과 입도시험처럼 채취 시료를 실험실에서 분석하는 시험을 섞어 놓으면 혼동하기 쉽다. 특히 공내재하시험은 이름만 보면 실내 재하와 비슷해 보여도 보링공 내부에서 현장 지반을 직접 재하하므로 원위치 시험이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

시험 대상이 원지반 그대로인지, 아니면 채취한 시료인지부터 구분하면 된다. 보링공·관입·현장 재하·주수처럼 현장에서 바로 측정하면 원위치 시험이고, 체가름·비중계처럼 시료를 가져와 분류하거나 분석하면 실내시험이다.

암기 포인트

원위치 시험은 현장 관입·재하·주수이고, 비중계 시험은 세립토 입도분석용 실내시험이다.

NoteBase

문 14. 경사각이 β인 사질토 무한사면의 안전율에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, 사질토층의 점착력은 0, 내부마찰각은 ϕ'이다)

① 사면의 안전율은 토층 두께에 반비례한다.

② 지하수위가 지표와 일치하는 경우 사면의 안전율은 지하수가 없을 경우 사면의 안전율보다 작다.

③ 지하수가 없을 경우 사면의 안전율은 $\frac{\tan\beta}{\tan\phi'}$로 표현된다.

④ 지하수위가 지표와 일치하는 경우 사면의 안전율은 사면의 높이에 반비례한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 점착력이 없는 사질토 무한사면에서 건조 상태와 지하수위가 지표와 일치하는 상태의 안전율 식과 그 변화 방향을 묻는 문제이다.

핵심 개념

사질토 무한사면의 안전율은 활동면에 작용하는 전단저항과 전단응력의 비이다.
지하수가 없으면 안전율은 $F_s = \tan\phi'/\tan\beta$로 정리되어 토층 두께나 사면 높이와 무관하다.
지하수위가 지표와 일치하면 유효응력이 감소하므로 안전율은 $F_s = (\gamma'/\gamma_{sat})(\tan\phi'/\tan\beta)$가 되어 건조 상태보다 작아진다.

선지별 해설

① X: 틀린 표현은 '토층 두께에 반비례한다'이다. 점착력이 없는 사질토 무한사면에서는 활동면 깊이가 약분되어 안전율이 토층 두께와 무관하다.
② O: 지하수위가 지표와 일치하면 포화단위중량이 작용하고 간극수압 때문에 유효응력이 줄어든다. 따라서 안전율은 건조 상태의 $\tan\phi'/\tan\beta$보다 더 작아진다.
③ X: 틀린 표현은 '$\tan\beta/\tan\phi'$로 표현된다'이다. 지하수가 없는 경우 안전율은 저항항이 분자에 오므로 $\tan\phi'/\tan\beta$이다.
④ X: 틀린 표현은 '사면의 높이에 반비례한다'이다. 지하수위가 지표와 일치하는 경우에도 무한사면 안전율은 $(\gamma'/\gamma_{sat})(\tan\phi'/\tan\beta)$로 정리되어 사면 높이와 무관하다.

오답 포인트

③처럼 분자와 분모를 뒤집거나, ①·④처럼 일반 사면안정 문제의 직관을 무한사면 식에 그대로 가져오면 틀리기 쉽다. 이 문항은 '무한사면'과 '점착력 0'이라는 조건 때문에 깊이와 높이가 소거된다는 점이 핵심 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

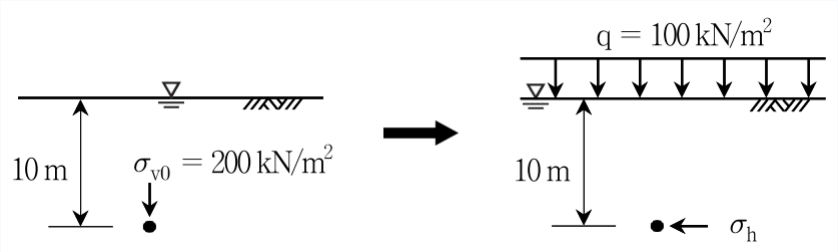
무한사면에서 $c = 0$이면 먼저 건조 식 $F_s = \tan\phi'/\tan\beta$를 떠올린다. 그다음 지하수가 생기면 유효응력이 감소하므로 기존 식에 1보다 작은 계수 γ'/γ_{sat}가 곱해진다고 판단하면 된다.

암기 포인트

사질토 무한사면은 건조 시 $\tan\phi'/\tan\beta$, 지하수 존재 시 그 값보다 더 작아진다.

NoteBase

문 15. 그림과 같이 점토지반 깊이 10 m에서 초기 연직 전응력(σ_{v0})이 200kN/m^{2}일 때, 지표면에 100kN/m^{2}의 상재압(q) 재하 직후의 수평 전응력(σ_h)은? (단, 지하수위는 지표면에 위치하며, 지반의 정지토압계수는 0.5, 물의 단위중량은 10kN/m^{3}이다)



① 100kN/m^2

② 150kN/m^2

③ 200kN/m^2

④ 250kN/m^2

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 포화 점토의 비배수 재하 직후에 정지토압계수 K_0를 유효응력에 적용하고, 간극수압 증가분까지 포함해 수평 전응력 σ_h를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값:
- 깊이 $10m$
- 초기 연직 전응력 $\sigma_{v0} = 200kN/m^2$
- 상재압 $q = 100kN/m^2$
- 정지토압계수 $K_0 = 0.5$
- 물의 단위중량 $\gamma_w = 10kN/m^3$

구해야 할 값:
- 재하 직후 수평 전응력 σ_h

주의할 조건:
- 지하수위가 지표면에 있으므로 초기 간극수압은 $u_0 = \gamma_w z = 10 \times 10 = 100kN/m^2$이다.
- 재하 직후 포화 점토는 비배수 상태이므로 $\Delta u = q = 100kN/m^2$이다.

NoteBase

사용할 공식

$\sigma'_v = \sigma_v - u$

$\sigma'_h = K_0\sigma'_v, \quad \sigma_h = \sigma'_h + u$

이 공식을 쓰는 이유:

- 정지토압계수 K_0는 전응력이 아니라 유효응력 관계에 적용한다.
- 포화 점토에 상재압을 재하한 직후에는 배수가 되지 않아 증가한 하중 q가 간극수압 증가분으로 작용한다.

계산 과정

1. 초기 간극수압은 $u_0 = 10 \times 10 = 100kN/m^2$이다.
2. 초기 유효연직응력은 $\sigma'_{v0} = 200 - 100 = 100kN/m^2$이고, 초기 유효수평응력은 $\sigma'_{h0} = 0.5 \times 100 = 50kN/m^2$이다.
3. 따라서 초기 수평 전응력은 $\sigma_{h0} = 50 + 100 = 150kN/m^2$이다.
4. 재하 직후에는 비배수 상태이므로 $\Delta u = q = 100kN/m^2$이고, 간극수압은 $u = 100 + 100 = 200kN/m^2$가 된다.
5. 이때 유효응력 상태는 즉시 변하지 않으므로 $\sigma'_h = 50kN/m^2$이고, 수평 전응력은 $\sigma_h = 50 + 200 = 250kN/m^2$이다.

선지 판단

① X

- $100kN/m^2$는 K_0를 전응력 $200kN/m^2$에 바로 곱하거나 간극수압을 분리하지 않을 때 나오는 값이다. 올바르게는 K_0를 유효연직응력 $100kN/m^2$에 적용하고 재하 직후 간극수압까지 더해야 하므로 $\sigma_h = 250kN/m^2$이다.

② X

- $150kN/m^2$는 재하 전 초기 수평 전응력 값이다. 보기의 조건은 상재압을 가한 직후이므로 증가한 간극수압 $100kN/m^2$를 더 반영해야 한다.

③ X

- $200kN/m^2$는 상재압 증가분을 $K_0q = 50kN/m^2$처럼 처리한 오답에 가깝다. 재하 직후 포화 점토에서는 유효수평응력 증가보다 간극수압 증가 $\Delta u = q$를 먼저 반영하므로 최종 수평 전응력은 $250kN/m^2$이다.

④ O

- 초기 유효수평응력 $50kN/m^2$에 재하 직후 간극수압 $200kN/m^2$를 더하면 $250kN/m^2$가 된다. 따라서 옳은 값은 ④이다.

오답 포인트

정지토압계수 K_0를 전응력에 바로 곱하면 ① 같은 오답이 나온다. 또 재하 직후라는 말을 놓치고 초기 상태만 쓰면 ②가 되고, 상재압 증가분을 단순히 K_0q로 처리하면 ③이 된다. 이 문항의 핵심 함정은 K_0는 유효응력에 적용하고, 비배수 직후 증가 하중은 간극수압 증가로 먼저 본다는 점이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

포화 점토의 재하 직후 응력 문제는 먼저 u를 계산해 전응력과 유효응력을 분리하고, 다음에 K_0를 유효응력에만 적용한 뒤, 비배수 조건이면 $\Delta u = q$를 더해 전응력으로 복원하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

정지토압은 유효응력, 재하 직후 포화 점토는 $\Delta u = q$이다.

NoteBase

문 16. 포화된 점성토에 대해 비압밀비배수 삼축압축시험을 수행하였다. 구속압 $30kN/m^2$하에서 축차응력 $40kN/m^2$을 가하였을 때, 시료에 파괴가 발생하였다. 이 지반에 단면적이 $2m^2$인 말뚝기초를 타입한 직후 말뚝기초의 극한선단지지력은? (단, 말뚝기초의 극한선단지지력은 Meyerhof의 지지력 공식을 적용하며, $N_c = 9$이다)

① 180kN

② 270kN

③ 360kN

④ 720kN

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 비압밀비배수 삼축압축시험 결과로 비배수 점착력 c_u를 구한 뒤, Meyerhof의 점성토 선단지지력식으로 말뚝기초의 극한선단지지력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 구속압 $\sigma_3 = 30kN/m^2$, 축차응력 $\sigma_1 - \sigma_3 = 40kN/m^2$, 선단면적 $A = 2m^2$, $N_c = 9$이다.
구해야 할 값은 말뚝기초의 극한선단지지력 Q_u이다.
포화 점성토의 비압밀비배수 조건이므로 파괴 시 $c_u = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$, $\phi_u = 0$으로 본다.

사용할 공식

비압밀비배수 삼축시험에서 비배수 전단강도는 $c_u = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$이다.
Meyerhof의 점성토 말뚝 선단지지력은 $Q_u = A \cdot c_u \cdot N_c$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 포화 점성토의 단기 거동에서는 비배수 상태로 선단지지력이 점착력 c_u와 N_c로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 축차응력은 $\sigma_1 - \sigma_3 = 40kN/m^2$이므로 비배수 점착력은 $c_u = 40/2 = 20kN/m^2$이다.
2. 극한선단지지응력은 $q_u = c_u N_c = 20 \times 9 = 180kN/m^2$이다.
3. 극한선단지지력은 $Q_u = A \cdot q_u = 2 \times 180 = 360kN$이다.

NoteBase

선지 판단

① X

$180kN$은 면적 $2m^2$를 곱하기 전의 극한선단지지응력 $180kN/m^2$에 해당한다. 틀린 표현은 지지응력과 지지력을 혼동한 점이며, 올바르게는 면적을 곱해 $360kN$으로 계산해야 한다.

② X

$270kN$은 주어진 식과 조건으로는 나오지 않는 값이다. $c_u = 20kN/m^2$와 $N_c = 9$, $A = 2m^2$를 정확히 적용하면 $360kN$이 된다. 틀린 표현은 공식 적용 과정에서 일부 계수를 누락한 값이라는 점이며, 올바르게는 $2 \times 20 \times 9 = 360kN$이다.

③ O

비압밀비배수 시험에서 $c_u = (\sigma_1 - \sigma_3)/2 = 20kN/m^2$이고, Meyerhof 식으로 $Q_u = 2 \times 20 \times 9 = 360kN$이므로 옳다.

④ X

$720kN$은 축차응력 $40kN/m^2$를 그대로 점착력처럼 사용하여 $2 \times 40 \times 9$로 계산할 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 축차응력 전체를 c_u로 본 점이며, 올바르게는 축차응력의 절반인 $20kN/m^2$를 사용해야 한다.

오답 포인트

축차응력 $\sigma_1 - \sigma_3$ 자체를 곧바로 c_u로 착각하거나, 선단지지응력 q_u와 실제 선단지지력 Q_u를 혼동하면 오답이 된다. 이 문제는 $40 \rightarrow 20 \rightarrow 180 \rightarrow 360$의 순서를 놓치지 않는지가 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

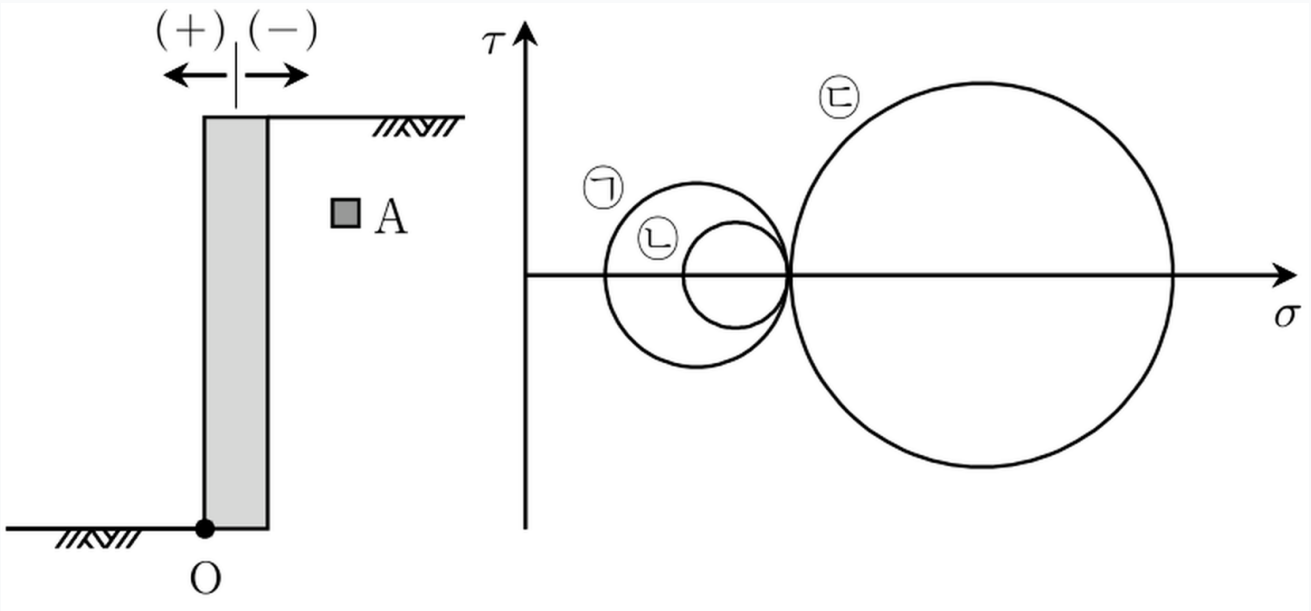
점성토의 비압밀비배수 삼축시험 결과가 나오면 먼저 $c_u = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$를 구한다. 그다음 선단지지응력 $c_u N_c$를 계산하고, 마지막에 기초 단면적을 곱해 힘 단위의 지지력으로 바꾸면 된다.

암기 포인트

UU 삼축시험 점성토는 $c_u = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$, 말뚝 선단지지력은 $Q_u = A \cdot c_u \cdot N_c$이다.

NoteBase

문 17. 그림과 같이 연직으로 시공된 옹벽이 O점을 기준으로 반시계 방향으로 (+)회전변위가 발생하여 보강공법을 적용하였더니 시계방향으로 변위가 발생하여 초기 연직상태를 지나 오히려 (-)회전변위가 발생하였다. 옹벽이 '정지→(+)회전→정지→(-)회전'의 순서로 변위가 발생하는 동안 미소요소 A의 응력상태를 나타내는 Mohr원의 변화순서는? (단, 옹벽의 회전변위에 따른 토체의 전단파괴는 발생하지 않았으며, 미소요소 A의 응력은 벽체변위에 영향을 받는다)



① ㉠ → ㉡ → ㉢ → ㉡

② ㉡ → ㉢ → ㉡ → ㉠

③ ㉡ → ㉠ → ㉡ → ㉢

④ ㉢ → ㉡ → ㉠ → ㉡

정답 3번

출제 포인트

옹벽 회전에 따라 벽면 토압이 정지토압에서 주동토압으로 감소했다가 다시 정지토압을 거쳐 수동토압으로 증가할 때, 수평응력 변화에 따라 Mohr원이 어떻게 바뀌는지를 묻는 문제이다.

NoteBase

올바른 순서

1. ㄴ — 초기 정지 상태이다. 미소요소 A의 응력은 정지토압 상태이므로 $\sigma_h = K_0\sigma_v$ 이다. $K_0 < 1$이므로 $\sigma_v > \sigma_h$, 즉 연직응력 σ_v가 큰 주응력(원의 오른쪽 접점)이고 σ_h가 작은 주응력(원의 왼쪽 접점)인 작은 원이다.
2. ㄱ — 옹벽이 (+)회전하며 뒤채움토에서 멀어지면 주동상태가 되어 σ_h가 감소한다. 연직응력 σ_v는 흙의 자중($\sigma_v = \gamma z$)으로 결정되어 벽체 변위와 무관하게 일정하므로, σ_v에 해당하는 오른쪽 접점이 공통점으로 고정된 채 왼쪽 접점만 왼쪽으로 이동한다. 따라서 반지름이 커지고 중심이 왼쪽으로 이동하여 ㄱ은 ㄴ보다 왼쪽으로 넓어진 더 큰 원이 된다.
3. ㄴ — 보강공법으로 시계방향 변위가 가해지면 벽이 다시 정지 위치로 돌아와 응력이 정지토압 상태로 복귀하므로 원래의 작은 원 ㄴ으로 되돌아온다.
4. ㄷ — 이어서 (-)회전이 계속되어 벽이 초기 연직상태를 지나 흙을 밀어 넣는 과보정이 일어나면 수동상태가 되어 σ_h가 크게 증가한다. 이때 $\sigma_h > \sigma_v$가 되어 σ_v가 이번에는 원의 왼쪽 접점(작은 주응력)이 되고, 같은 공통점을 기준으로 원이 오른쪽으로 크게 확장된 큰 원 ㄷ이 된다.

왜 이 순서인가: 정지에서 멀어지면 수평응력이 감소해 주동상태가 되고, 정지에서 밀어 넣으면 수평응력이 증가해 수동상태가 되므로 그림의 세 원은 ㄴ → ㄱ → ㄴ → ㄷ 순서로 대응한다.

NoteBase

선지별 해설

① X
이유: 처음 상태를 ㄱ으로 두었는데 초기 상태는 정지토압 상태이다. 작은 왼쪽 원인 ㄴ이 정지상태이고, ㄱ은 (+)회전으로 수평응력이 감소한 주동상태이다.
올바르게는: ㄴ → ㄱ → ㄴ → ㄷ 이다.

② X
이유: 두 번째 단계에 ㄷ을 두었는데 (+)회전은 벽이 흙에서 멀어지는 운동이므로 주동방향이다. 수평응력이 증가하는 수동상태 ㄷ은 (-)회전에서만 나타난다.
올바르게는: ㄷ은 마지막 단계에 와야 하므로 ㄴ → ㄱ → ㄴ → ㄷ 이다.

③ O
이유: 초기 정지상태가 ㄴ, (+)회전으로 주동상태가 된 원이 ㄱ, 다시 정지하면 ㄴ으로 복귀하고, 이후 (-)회전으로 수동상태가 되어 ㄷ이 된다. σ_v는 거의 일정하고 σ_h만 감소했다가 증가하므로 이 배열이 맞다. 그림에서도 주동상태 ㄱ이 정지상태 ㄴ보다 왼쪽으로 커진 원이고, 수동상태 ㄷ이 오른쪽의 가장 큰 원으로 대응한다.

④ X
이유: 순서 ㄷ → ㄴ → ㄱ → ㄴ은 각 단계가 모두 어긋난다. 첫 단계 ㄷ은 흙을 밀어 넣는 수동상태(가장 큰 원)이므로 초기 정지상태가 될 수 없고, 초기는 작은 원 ㄴ이어야 한다. 또한 (+)회전 직후에는 주동상태인 ㄱ(ㄴ보다 왼쪽으로 큰 원)이 와야 하는데 정지 ㄴ을 먼저 두어 순서를 뒤집었으며, 마지막 (-)회전의 수동상태 ㄷ이 빠져 있다.
올바르게는: ㄴ → ㄱ → ㄴ → ㄷ 이다.

오답 포인트

먼저 그림에서 왼쪽 두 원의 크기 관계를 확정해 두는 것이 중요하다. ㄱ이 왼쪽으로 더 넓게 그려진 큰 원이고, 그 안쪽 오른편에 겹쳐진 작은 원이 ㄴ이다. 왼쪽 두 원의 위치만 보고 작은 원이 주동이라고 착각하기 쉬우나, 이 그림에서는 연직응력 σ_v가 오른쪽 공통 접점으로 고정되고 σ_h가 줄수록 반지름이 커지므로, 정지상태 ㄴ보다 주동상태 ㄱ이 오히려 더 큰(왼쪽으로 넓은) 원으로 그려진다는 점이 함정이다. 즉 큰 원이라고 해서 반드시 수동인 것은 아니며, 왼쪽으로 큰 원은 주동, 오른쪽으로 큰 원은 수동임을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

옹벽이 흙에서 멀어지면 주동, 흙을 밀면 수동이라고 먼저 판정한 뒤, 거의 일정한 주응력이 어느 축에 고정되는지를 보고 Mohr원의 공통 접점과 원의 커지는 방향을 연결하면 된다.

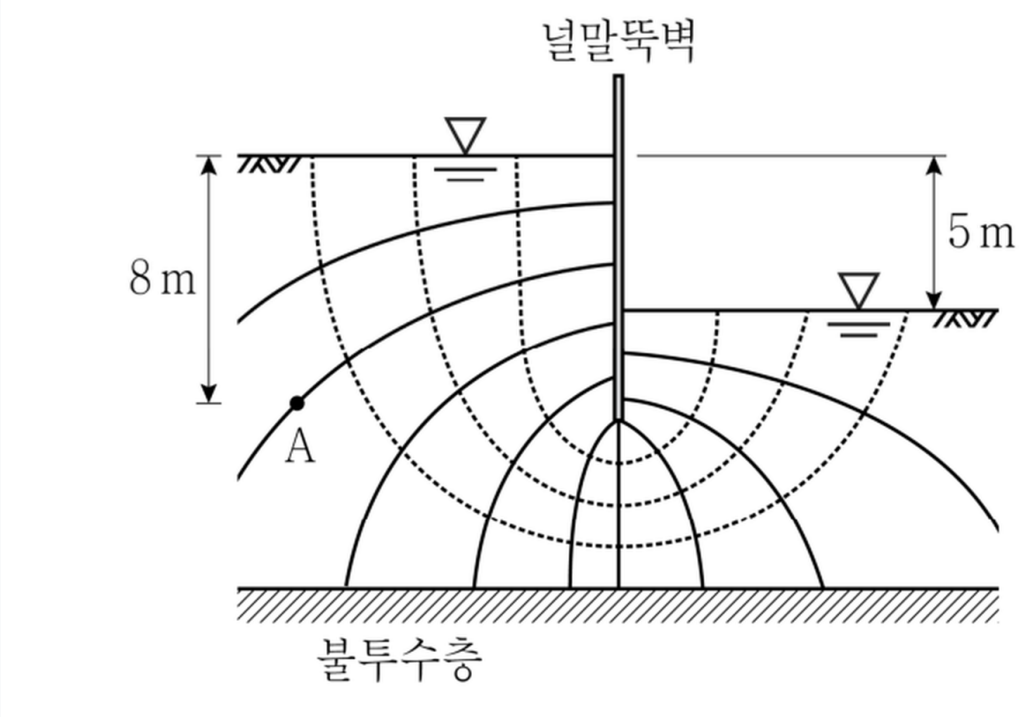
NoteBase

암기 포인트

정지토압 K_0는 중간 상태이고, 연직응력 $\sigma_v = \gamma z$는 벽체 변위와 무관하게 자중으로만 결정되어 일정하므로 Mohr원의 공통 접점 역할을 한다. 이 σ_v를 고정한 채, 벽이 흙에서 멀어지면 σ_h가 감소하여 주동토압 K_a로 정지원보다 왼쪽으로 커진 원이 되고, 흙을 밀어 넣으면 σ_h가 증가하여 수동토압 K_p로 σ_v가 이번에는 왼쪽 접점이 되면서 오른쪽으로 크게 확장된 큰 원이 된다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 널말뚝벽이 설치된 지반에서 정상침투 상태의 유선망을 도시하였을 때, A위치의 유효수직응력은? (단, 지반은 등방·균질하며, 포화단위중량은 20kN/m^3, 물의 단위중량은 10kN/m^{3}이다)



① 100kN/m^2

② 90kN/m^2

③ 80kN/m^2

④ 70kN/m^2

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 유선망에서 A점의 수두손실을 읽어 간극수압을 구한 뒤, $\sigma'_v = \sigma_v - u$로 유효수직응력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: A점의 깊이 $z = 8m$, 포화단위중량 $\gamma_{sat} = 20kN/m^3$, 물의 단위중량 $\gamma_w = 10kN/m^3$, 상하류 수위차 $H = 5m$이다.
구해야 할 값: A점의 유효수직응력 σ'_v이다.
주의할 조건: A점은 정상침투 상태이므로 정수압이 아니라 유선망에서 읽은 압력수두를 써야 한다.

NoteBase

사용할 공식

$\sigma'_v = \sigma_v - u$

$\sigma_v = \gamma_{sat} z$

$u = \gamma_w h_p$

여기서 압력수두 h_p는 정수압에서의 값이 아니라 유선망에서 읽은 수두손실을 반영한 값이다. 유효수직응력이 총수직응력에서 침투 상태의 간극수압을 뺀 값이기 때문에 이 공식을 쓴다.

계산 과정

1. 총수직응력: 상류측 지하수위가 지표면에 있고 A점은 지표에서 $8m$ 깊이이므로
$\sigma_v = \gamma_{sat} z = 20 \times 8 = 160 kN/m^2$이다.
2. 수두손실 읽기: 정상침투에서 전체 수두손실은 상하류 수위차 $H = 5m$이며, 이는 유선망의 등수두선 구간마다 균등하게 분배된다. 한 구간당 손실은 $\Delta h = H/N_d$이다. 그림의 유선망은 상류 수면에서 하류 수면까지 등수두선 구간 수가 $N_d = 5$이므로 한 구간당 $\Delta h = 5/5 = 1m$씩 손실된다. A점은 상류 경계에서 첫 번째 등수두선에 놓여 있어 A점까지 지나온 구간 수는 $n_d = 1$이고, 상류 수면을 기준으로 A점까지 손실된 수두는
$h_{loss} = \frac{n_d}{N_d} H = \frac{1}{5} \times 5 = 1m$이다.
3. 압력수두: 침투가 전혀 없다면 수면 아래 $8m$인 A점의 압력수두는 정수압으로 $8m$이지만, A점은 상류측 하향침투 영역이라 손실 수두 $1m$만큼 낮아져 $h_p = 8 - 1 = 7m$이다.
4. 간극수압: $u = \gamma_w h_p = 10 \times 7 = 70 kN/m^2$이다.
5. 유효수직응력: $\sigma'_v = \sigma_v - u = 160 - 70 = 90 kN/m^2$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- 계산 결과 A점의 유효수직응력은 $90kN/m^2$이므로 $100kN/m^2$은 맞지 않는다. 이는 손실 수두를 $2m$로 과대평가해 $h_p = 8 - 2 = 6m$, $u = 10 \times 6 = 60kN/m^2$, $\sigma'_v = 160 - 60 = 100kN/m^2$으로 계산한 값이다. 올바른 손실 수두는 $1m$이다.

② O

- 유선망에서 읽은 압력수두 $7m$를 적용하면 간극수압은 $u = 10 \times 7 = 70kN/m^2$이고, 총수직응력 $160kN/m^2$에서 이를 빼면 $\sigma'_v = 90kN/m^2$가 된다.

③ X

- $(\gamma_{sat} - \gamma_w)z = (20 - 10) \times 8 = 80kN/m^2$는 침투가 전혀 없어 간극수압이 정수압인 경우의 유효응력, 즉 수중단위중량을 적용한 $\gamma' z$이다. 이때 $u = \gamma_w z = 10 \times 8 = 80kN/m^2$이고 $\sigma'_v = 160 - 80 = 80 = \gamma' z$가 된다. 그러나 실제 A점은 하향침투로 수두가 $1m$ 손실되어 간극수압이 $70kN/m^2$으로 줄고 유효응력은 $90kN/m^2$으로 커지므로 $80kN/m^2$은 정상침투를 반영하지 못한 값이다.

④ X

- $70kN/m^2$은 손실 수두 $1m$을 방향을 반대로 잡아 더한 경우로, $h_p = 8 + 1 = 9m$, $u = 10 \times 9 = 90kN/m^2$, $\sigma'_v = 160 - 90 = 70kN/m^2$으로 계산한 값이다. 이는 A점에 상향침투가 작용해 유효응력이 감소한다고 잘못 본 것이다. 실제 A점은 상류측 하향침투 영역이므로 유효응력은 정수압값 $80kN/m^2$보다 오히려 커진 $90kN/m^2$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 $(\gamma_{sat} - \gamma_w)z$만 기계적으로 적용하는 데 있다. A점은 정상침투 상태이므로 간극수압을 정수압 $80kN/m^2$로 두면 안 되고, 유선망에서 읽은 수두손실 $1m$을 반영해 $u = 70kN/m^2$로 계산해야 한다. 또한 A점은 상류측 하향침투 영역이라 손실 수두를 정수압 압력수두에서 빼야(방향에 주의) $h_p = 8 - 1 = 7m$이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

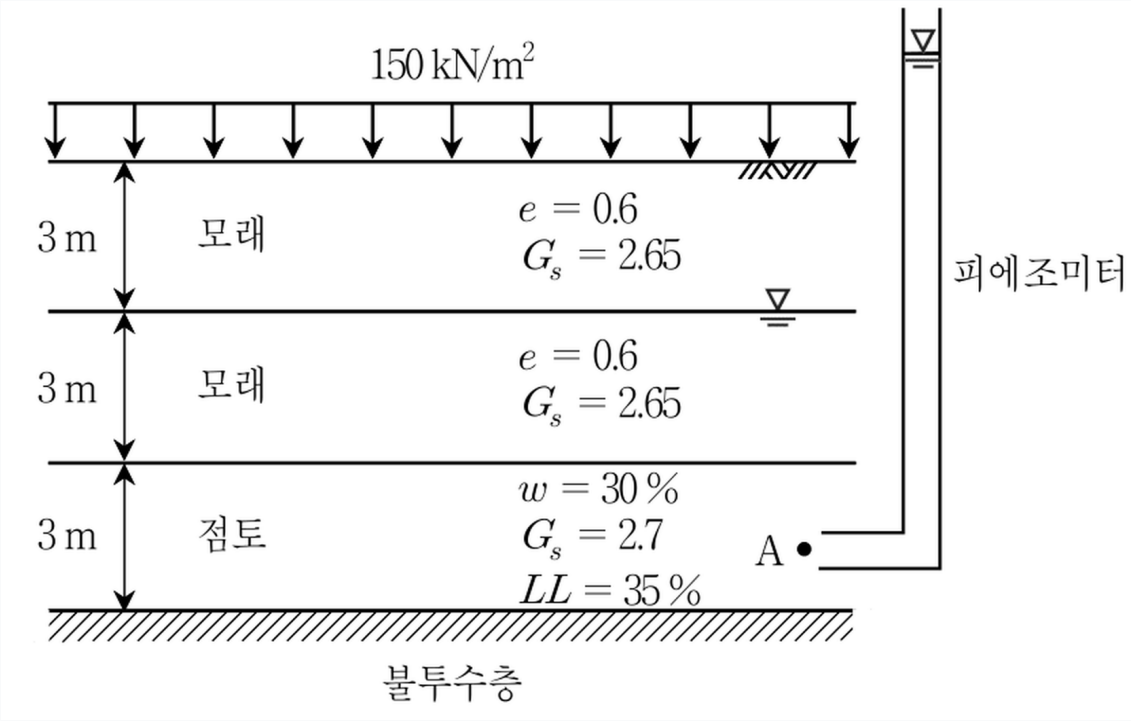
유선망 유효응력 문제는 먼저 점의 깊이로 총응력을 구하고, 다음으로 전체 수두손실 H를 등수두선 구간 수 N_d로 나눈 $\Delta h = H/N_d$로 그 점이 놓인 등수두선까지의 손실 수두를 읽어 압력수두와 간극수압을 구한 뒤, 마지막에 $\sigma'_v = \sigma_v - u$를 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

정상침투의 유효응력은 $\gamma' z$로 끝나지 않고, 반드시 유선망에서 읽은 압력수두를 넣어 다시 계산한다. 상류측 하향침투면 유효응력이 정수압값보다 커지고, 하류측 상향침투면 작아진다.

NoteBase

문 19. 그림과 같이 지표면에 무한대로 넓은 영역에 분포하중 150kN/m²을 재하한 직후 A점의 피에조미터 수위가 Δh만큼 상승한 후 시간에 따라 피에조미터 수위가 감소하였다. 하중재하 직후 상승한 피에조미터 수위 Δh와 피에조미터 수위가 $9m$ 감소하였을 때 A점의 압밀도 U는? (단, 물의 단위중량은 10kN/m³이며, e는 간극비, G_s는 비중, w는 함수비, LL은 액성한계이다)



① 피에조미터 상승 수위 Δh: 12m, A점의 압밀도 U: 60%

② 피에조미터 상승 수위 Δh: 15m, A점의 압밀도 U: 60%

③ 피에조미터 상승 수위 Δh: 12m, A점의 압밀도 U: 40%

④ 피에조미터 상승 수위 Δh: 15m, A점의 압밀도 U: 40%

정답 2번

출제 포인트

무한대 등분포하중을 받은 포화 점토층에서 초기 과잉간극수압과 피에조미터 수두 상승량을 구하고,
과잉간극수압의 소산비로 압밀도를 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 하중은 $q = 150kN/m^2$이다.
물의 단위중량은 $\gamma_w = 10kN/m^3$이다.
하중은 지표면에 무한대로 넓게 작용하므로 A점의 연직응력 증가량은 그대로 $150kPa$이다.
하중 직후 점토층 내부 A점의 과잉간극수압은 이 응력 증가량과 같고, 피에조미터 수위는 그만큼 상승한다.
이후 피에조미터 수위가 $9m$ 감소했다는 뜻은 과잉간극수압이 $\gamma_w \times 9$만큼 소산되었다는 뜻이다.

사용할 공식

$\Delta u_0 = q$
$\Delta h = \frac{\Delta u_0}{\gamma_w}$
U=(Δ u_0-u_t)/(Δ u_0)=소산된 과잉간극수압Δ u_0
무한대 등분포하중에서는 점토층 내부의 응력 증가량을 q로 바로 두고, 하중 직후 포화 점토는 그 증가량을 과잉간극수압으로 부담한다. 압밀도 U는 남아 있는 비율이 아니라 소산된 비율로 계산한다.

계산 과정

1. 하중 직후 A점의 초기 과잉간극수압은 $\Delta u_0 = 150kPa$이다.
2. 피에조미터 수위 상승량은 $\Delta h = \frac{150}{10} = 15m$이다.
3. 피에조미터 수위가 $9m$ 감소했으므로 소산된 과잉간극수압은 $10 \times 9 = 90kPa$이다.
4. 따라서 압밀도는 $U = \frac{90}{150} = 0.6 = 60\%$이다.
5. 남아 있는 과잉간극수압은 $150 - 90 = 60kPa$이며, 이는 전체의 40%이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

$U = 60\%$는 맞지만, 피에조미터 상승 수위 Δh를 $12m$로 본 부분이 틀리다. 무한대 등분포하중이므로 A점의 초기 과잉간극수압은 $150kPa$, 수위 상승량은 $15m$이다.

② O

하중 직후 $\Delta h = 15m$이고, 그중 $9m$가 감소했으므로 소산비는 $\frac{9}{15} = 60\%$이다. 따라서 $\Delta h = 15m$, 압밀도 $U = 60\%$가 옳다.

③ X

Δh를 $12m$로 본 부분이 틀리고, $U = 40\%$도 틀리다. 40%는 압밀도가 아니라 아직 남아 있는 과잉간극수압 비율이다. 올바르게는 $\Delta h = 15m$, $U = 60\%$이다.

④ X

$\Delta h = 15m$는 맞지만 $U = 40\%$는 틀리다. 40%는 잔류 과잉간극수압 비율 $\frac{u_t}{u_0}$이고, 압밀도는 소산비율이므로 60%이다.

오답 포인트

무한대 등분포하중인데도 응력 증가량을 임의로 줄여 Δh를 작게 잡으면 오답이 된다. 또한 압밀도 U를 잔류비율 $\frac{u_t}{u_0}$로 착각하면 40%를 고르게 된다. 이 문항의 함정은 소산된 비율과 남아 있는 비율을 뒤바꾸는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

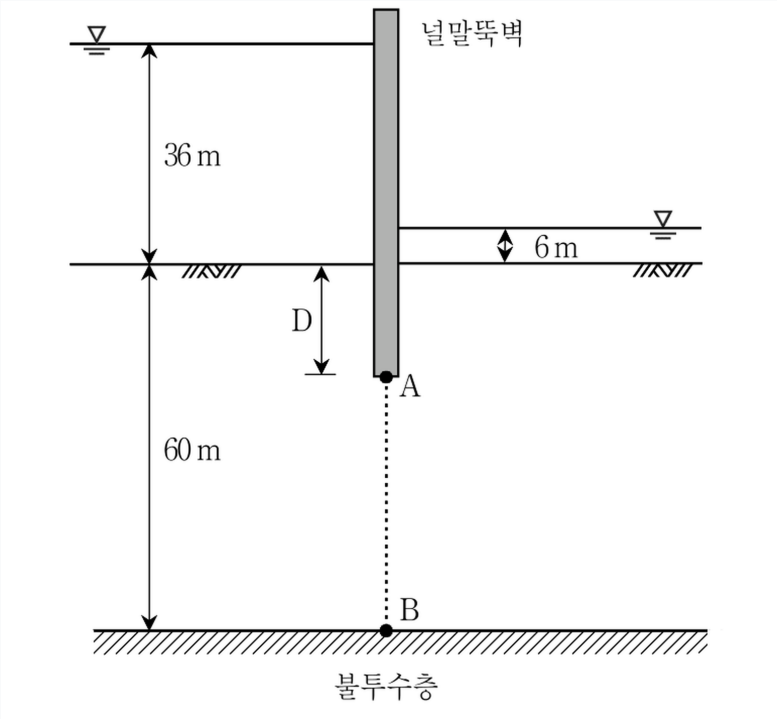
무한대 등분포하중 문제는 먼저 $\Delta\sigma = q$인지 확인하고, 포화 점토의 하중 직후에는 $\Delta u_0 = \Delta\sigma$로 둔다. 그다음 $\Delta h = \frac{\Delta u_0}{\gamma_w}$로 수두를 바꾸고, 압밀도는 감소한 수두 또는 소산된 과잉간극수압의 비율로 계산한다.

암기 포인트

무한대 등분포하중에서는 $\Delta u_0 = q$이고, 압밀도 U는 소산비율이며 잔류비율은 $1 - U$이다.

NoteBase

문 20. 그림과 같이 널말뚝벽이 설치된 점성토 지반에서 B점의 간극수압이 A점의 간극수압의 2배 이하가 되고, 히빙에 대한 안전율이 2.0 이상을 만족하는 널말뚝벽의 최소 근입깊이 D는? (단, 점선 A-B는 총수두차의 50%가 손실되는 등수두선이고, 히빙존에서의 평균 수두손실은 12m이며, 점성토의 포화단위중량과 물의 단위중량은 각각 $20kN/m^3$과 $10kN/m^3$이다)



① 17.5m

② 19.5m

③ 22.0m

④ 24.0m

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 등수두선에서의 간극수압 관계와 히빙 안전율 식을 함께 적용하여 널말뚝벽의 최소 근입깊이 D를 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 수위는 상류측 $36m$, 하류측 $6m$이므로 총수두차는 $30m$이다.
점선 A-B는 총수두차의 50%가 손실된 등수두선이므로 A와 B의 총수두는 모두 $36 - 0.5 \times 30 = 21m$이다.
점 A는 지표면 아래 Dm, 점 B는 지표면 아래 $60m$에 있다.
점성토의 포화단위중량은 $20kN/m^3$, 물의 단위중량은 $10kN/m^3$이므로 잠재유효단위중량은 $10kN/m^3$이다.
히빙존 평균 수두손실은 $12m$이다.

사용할 공식

간극수압은 $u = \gamma_w(h - z)$로 계산한다. 여기서 h는 총수두, z는 기준면에 대한 위치수두이다.
히빙 안전율은 $\mathrm{FS} = i_c/i$이고, $i_c = \gamma'/\gamma_w = (\gamma_{sat} - \gamma_w)/\gamma_w$, $i = \Delta h/L$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 A와 B의 간극수압 조건은 등수두선의 총수두와 각 점의 위치수두 차이로 판단하고, 히빙 여부는 평균동수경사와 임계동수경사를 비교하여 판단하기 때문이다.

계산 과정

1. 간극수압 조건을 계산한다. 지표면을 위치수두 기준면으로 두면 A의 위치수두는 $-D$, B의 위치수두는 -60이다. 따라서
$u_A = \gamma_w\{21 - (-D)\} = 10(21 + D)kPa$
$u_B = \gamma_w\{21 - (-60)\} = 10 \times 81 = 810kPa$
문제 조건 $u_B \le 2u_A$를 대입하면
$810 \le 2 \times 10(21 + D)$
$81 \le 42 + 2D$
$D \ge 19.5m$
2. 히빙 안전율 조건을 계산한다. 임계동수경사는
$i_c = \frac{20-10}{10} = 1$
평균동수경사는 히빙존 길이를 D로 보면
$i = \frac{12}{D}$
따라서 히빙 안전율은
$\mathrm{FS} = \frac{i_c}{i} = \frac{1}{12/D} = \frac{D}{12}$
안전율이 2.0 이상이어야 하므로
$\frac{D}{12} \ge 2$
$D \ge 24m$
3. 두 조건을 동시에 만족해야 하므로 $D \ge 19.5m$와 $D \ge 24m$ 중 큰 값을 택한다. 따라서 최소 근입깊이는 $24.0m$이다.

NoteBase

선지 판단

1번 X: 17.5m는 간극수압 조건의 하한 19.5m에도 미달하고, 히빙 안전율도 17.5/12 ≈ 1.46으로 2.0보다 작다. 틀린 표현은 최소 근입깊이를 17.5m로 본 부분이고, 올바르게는 24.0m이다.
2번 X: 19.5m는 간극수압 조건은 막 만족하지만 히빙 안전율이 19.5/12 = 1.625로 부족하다. 틀린 표현은 최소 근입깊이를 19.5m로 본 부분이고, 올바르게는 24.0m이다.
3번 X: 22.0m는 간극수압 조건은 만족하지만 히빙 안전율이 22/12 ≈ 1.83으로 여전히 2.0에 못 미친다. 틀린 표현은 최소 근입깊이를 22.0m로 본 부분이고, 올바르게는 24.0m이다.
4번 O: 24.0m이면 간극수압 조건 D≥19.5 m를 만족하고, 히빙 안전율도 24/12 = 2.0으로 기준을 정확히 충족한다. 따라서 최소 근입깊이로 옳다.

오답 포인트

A-B 등수두선으로부터 얻는 간극수압 조건만 보고 19.5m를 고르면 틀린다. 이 문항은 간극수압 제한과 히빙 안전율 제한을 동시에 비교해야 하며, 실제 지배조건은 히빙 안전율이다.

다시 나오면 이렇게 판단

차수벽 최소 근입깊이 문제는 먼저 등수두선에서 각 점의 총수두를 읽어 간극수압 제한식을 세우고, 다음으로 평균동수경사로 히빙 안전율 식을 세운다. 마지막에는 각 조건에서 나온 D의 하한 중 더 큰 값을 최소 근입깊이로 판단한다.

암기 포인트

간극수압은 $u = \gamma_w(h - z)$, 히빙 안전율은 $FS = i_c/i$이다. 최소 근입깊이는 여러 제한조건이 주어지면 각 하한값 중 가장 큰 값으로 결정된다.

NoteBase