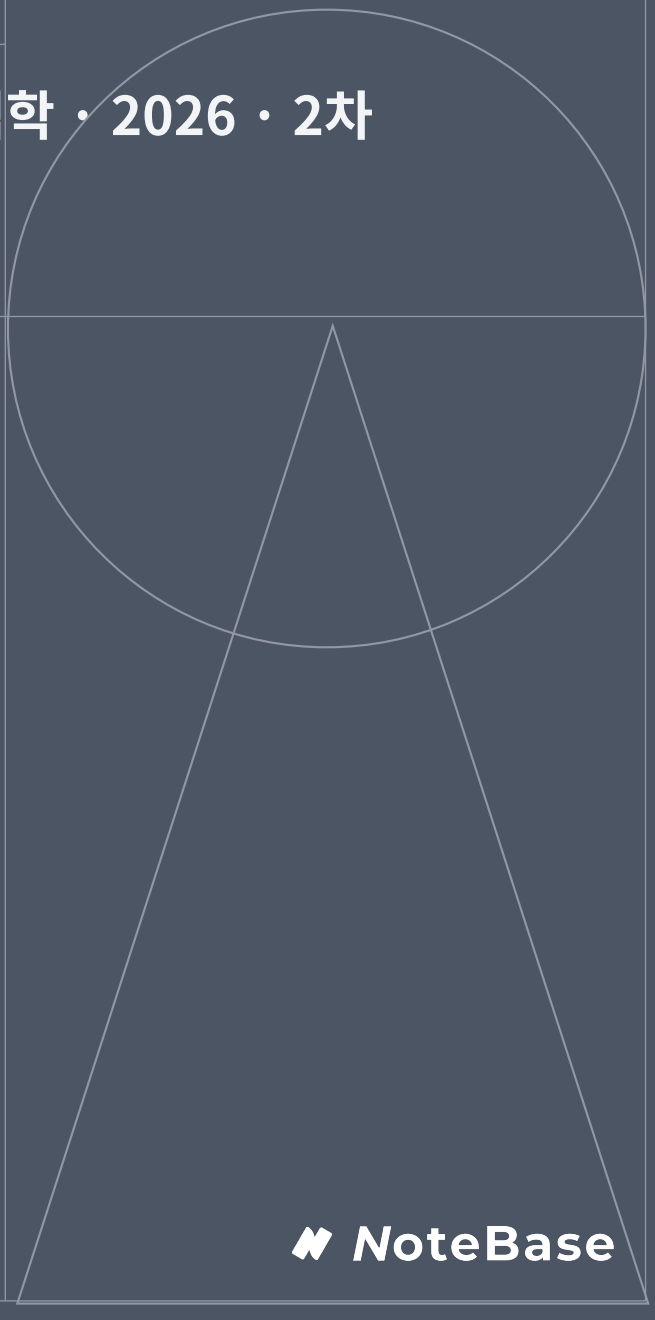
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2026 · 2차



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2026 · 2차

공무원/국가직/7급 · 토질역학 · 2026 · 2차

문 1. 현장에서 채취한 시료의 습윤단위중량은 15 kN/m^3, 건조단위중량은 12 kN/m^{3}이고, 토립자의 비중은 2.7이다. 이 시료의 포화도[%]는? (단, 물의 단위중량은 10 kN/m^{3}이다)

① 42

② 48

③ 54

④ 60

정답 3번

간단한 해설

포화도는 **간극 부피 중 물이 차지하는 비율**이다. 습윤단위중량과 건조단위중량의 차이로 물의 부피를 구하고, 토립자의 비중으로 간극 부피를 구하면 포화도는 54%이다.

계산 과정

포화도는 물의 부피를 간극의 부피로 나눈 비율이다. 시료의 전체 부피를 계산 기준으로 1 m^{3}로 두고, 토립자의 부피를 V_s, 물의 부피를 V_w, 간극의 부피를 V_v라 한다. 흙의 공기 무게는 무시한다.

물의 부피: 습윤단위중량은 물을 포함한 흙의 무게를, 건조단위중량은 토립자만의 무게를 전체 부피로 나눈 값이다. 따라서 전체 부피 1 m^{3}에 들어 있는 **물의 무게는 두 단위중량의 차이**로 구하며, $15 - 12 = 3$ kN이다. 이를 물의 단위중량 10 kN/m^{3}으로 나누면 $V_w = \frac{3}{10} = 0.3\text{m}^3$이다.

간극의 부피: 토립자의 비중 2.7은 토립자의 단위중량이 물의 단위중량의 2.7배라는 뜻이다. 토립자의 단위중량은 $2.7 \times 10 = 27$ kN/m^{3}이고, 토립자의 무게는 12 kN이므로 $V_s = \frac{12}{27} = \frac{4}{9}\text{m}^3$이다. 전체 부피에서 **토립자의 부피를 뺀 나머지가 간극의 부피**이므로 $V_v = 1 - \frac{4}{9} = \frac{5}{9}\text{m}^3$이다.

포화도 계산: 포화도는 전체 부피가 아니라 **간극의 부피를 기준**으로 구한다. 따라서 $S = \frac{V_w}{V_v} \cdot 100$이고, $S = \frac{0.3}{5/9} \cdot 100 = 54\%$이다.

계산한 포화도 54%는 ③의 54에 해당한다.

NoteBase

문 2. 현장의 다짐 정도를 알아보기 위해 모래치환법을 이용한 현장밀도시험을 수행하였다. 현장에서 흙을 파낸 구멍의 부피는 3,500 cm^3이며, 파낸 흙의 습윤중량은 84 N, 함수비는 20%이다. 이 흙의 건조단위중량[kN/m^3]은?

① 18

② 19

③ 20

④ 22

정답 3번

간단한 해설

함수비 20%는 물의 중량이 건조토 중량의 20%라는 뜻이므로, **습윤중량을 1.20으로 나누어** 건조토 중량을 구한다. 이를 파낸 구멍의 부피로 나누면 건조단위중량은 20 kN/m^3이다.

계산 과정

단위 환산: 파낸 구멍의 부피는 현장에서 흙이 차지하던 전체 부피이다. 부피 V = 3,500 cm^3 = 0.0035 m^3이고, 물을 포함한 습윤중량 W = 84 N = 0.084 kN이다.

건조토 중량: 함수비는 물의 중량을 건조토 중량으로 나눈 비이다. 물의 중량을 W_w, 건조토 중량을 W_s라 하면 $w = \frac{W_w}{W_s} = 0.20$이다. 따라서 습윤중량은 $W = W_s + W_w = (1 + w)W_s$이므로, **전체 습윤중량에서 20%를 빼는 것이 아니라 1.20으로 나눈다**. 건조토 중량은 $W_s = \frac{84}{1.20} = 70$ N, 즉 0.070 kN이다.

건조단위중량: 건조토 중량을 **현장 상태의 전체 부피**로 나눈 값이므로 $\gamma_d = \frac{W_s}{V}$를 적용한다. 따라서 $\gamma_d = \frac{0.070}{0.0035} = 20$ kN/m^3이다.

계산된 건조단위중량은 20 kN/m^3로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 성토 후 압밀이 완료되었을 때 최종 예상 압밀침하량은 40 cm로 산정되었다. 임의 시점에서 계측한 압밀침하량이 24 cm일 때, 이 시점에서의 평균 압밀도[%]는? (단, 이차압축은 무시한다)

① 40

② 50

③ 60

④ 70

정답 3번

간단한 해설

평균 압밀도는 **최종 압밀침하량에 대한 현재까지의 압밀침하량의 비율**이다. 최종 40 cm 중 24 cm가 발생했으므로 평균 압밀도는 60%이다.

계산 과정

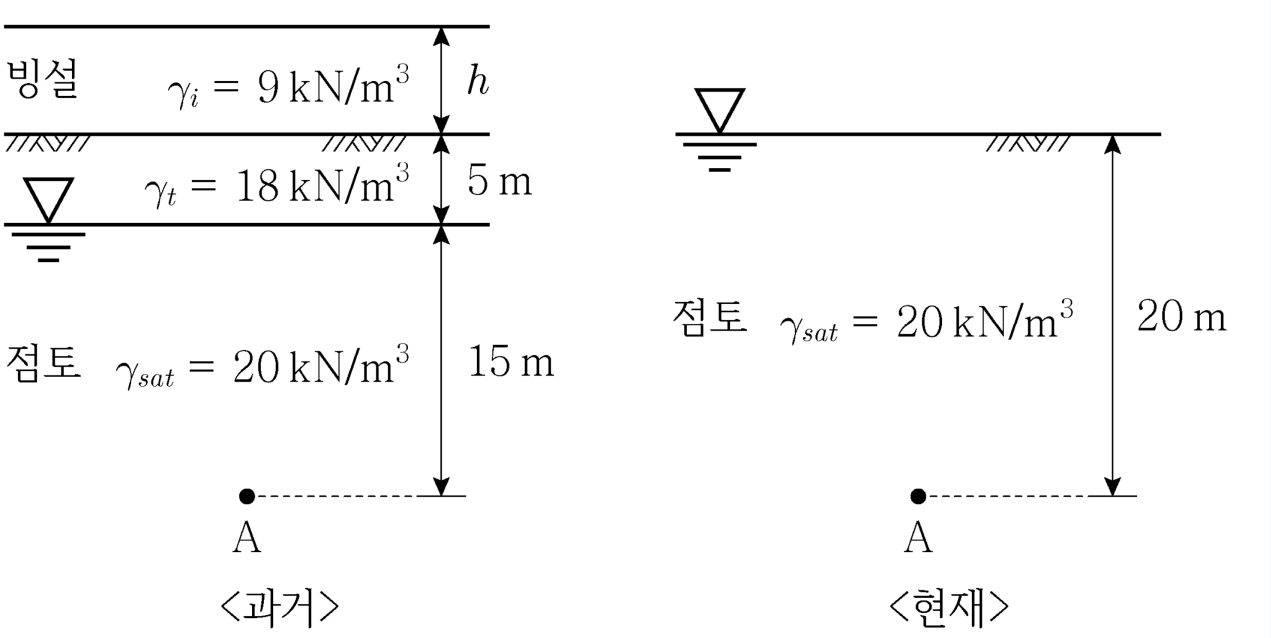
이차압축을 무시하므로, 계측한 압밀침하량을 최종 압밀침하량과 비교하여 평균 압밀도를 구한다. 현재까지 발생한 침하량을 S_t, 최종 침하량을 S_f라 하면, $S_t = 24$ cm, $S_f = 40$ cm이다.

평균 압밀도 U는 최종적으로 발생할 압밀침하 중 **현재까지 발생한 비율**을 백분율로 나타낸 값이다. 따라서 $U = \frac{S_t}{S_f} \times 100$으로 계산한다. 두 침하량의 단위가 모두 cm이므로 별도의 단위 환산은 필요 없다.

수치를 대입하면 $U = \frac{24}{40} \times 100 = 60\%$이다. 이는 최종 예상 압밀침하량의 60%가 진행되었다는 뜻이며, 선택지 ③의 60에 해당한다.

NoteBase

문 4. 그림과 같은 점토층에 대해 과거 빙설 하중에 의한 현재 A점의 과압밀비가 1.47일 때, 과거 빙설층의 두께 h[m]는? (단, 물의 단위중량은 10 kN/m^{3}이다)



① 5

② 6

③ 7

④ 8

정답 2번

간단한 해설

현재 A점의 유효상재압은 200 kPa이므로, 과압밀비 1.47에 해당하는 과거 최대 유효상재압은 294 kPa이다. 과거 흙층만의 유효상재압 240 kPa을 빼면 **빙설 하중은 54 kPa**이므로, 단위중량 9 kN/m^{3}인 빙설층의 두께는 6 m이다.

NoteBase

계산 과정

과압밀비 OCR은 **과거 최대 유효상재압과 현재 유효상재압의 비**이다. 과거 최대 유효상재압을 선행압밀압력 σ'_p, 현재 유효상재압을 σ'_{v0}라 하면 OCR $= \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}}$이다. 유효상재압은 흙과 빙설의 무게로 생기는 총응력에서 간극수압을 뺀 값이다.

현재 A점: 오른쪽 그림에서 지하수위는 지표면에 있고, A점은 그 아래 20 m에 있다. 따라서 점토 전체에 **수중단위중량**을 적용한다. 수중단위중량은 $20 - 10 = 10$ kN/m^{3}이므로, 현재 유효상재압은 $\sigma'_{v0} = 10 \cdot 20 = 200$kPa이다.

과거 A점: 왼쪽 그림에서 지하수위는 지표면 아래 5 m에 있다. 지하수위 위 5 m에는 주어진 단위중량 18 kN/m^{3}을, 그 아래 15 m에는 수중단위중량 10 kN/m^{3}을 적용한다. 흙층만의 유효상재압은 $18 \times 5 + 10 \times 15 = 240$ kPa이다. 여기에 두께 h인 빙설층의 하중을 더하므로, h를 m 단위로 넣으면 $\sigma'_p = (9h + 240)$kPa이다. 과거에는 지하수위가 더 낮았으므로 **흙층만의 유효상재압도 현재보다 크다**.

빙설층 두께: 과압밀비를 적용하면 $\sigma'_p = 1.47 \cdot 200 = 294$kPa이다. 따라서 빙설층이 부담한 하중은 $294 - 240 = 54$ kPa이며, 두께는 $h = \frac{294 - 240}{9} = 6$m이다. 이는 ②의 6 m에 해당한다.

NoteBase

문 5. 배면지반의 지표는 수평이고, 높이 6 m인 연직 옹벽에 대해, 뒤채움 흙의 단위중량이 18 kN/m^3, 내부마찰각이 30°, 점착력이 0일 때, 벽체의 단위폭당 작용하는 주동토압의 합력[kN/m]을 Rankine 토압이론으로 구한 값은? (단, 지하수위는 무시한다)

① 108

② 216

③ 324

④ 972

정답 1번

간단한 해설

내부마찰각이 30°이면 Rankine 주동토압계수는 $K_a = \frac{1}{3}$이다. 점착력이 없고 지하수위를 무시하므로 토압은 깊이에 비례하는 **삼각형 분포**이며, 그 면적으로 구한 단위폭당 합력은 **108 kN/m**이다.

계산 과정

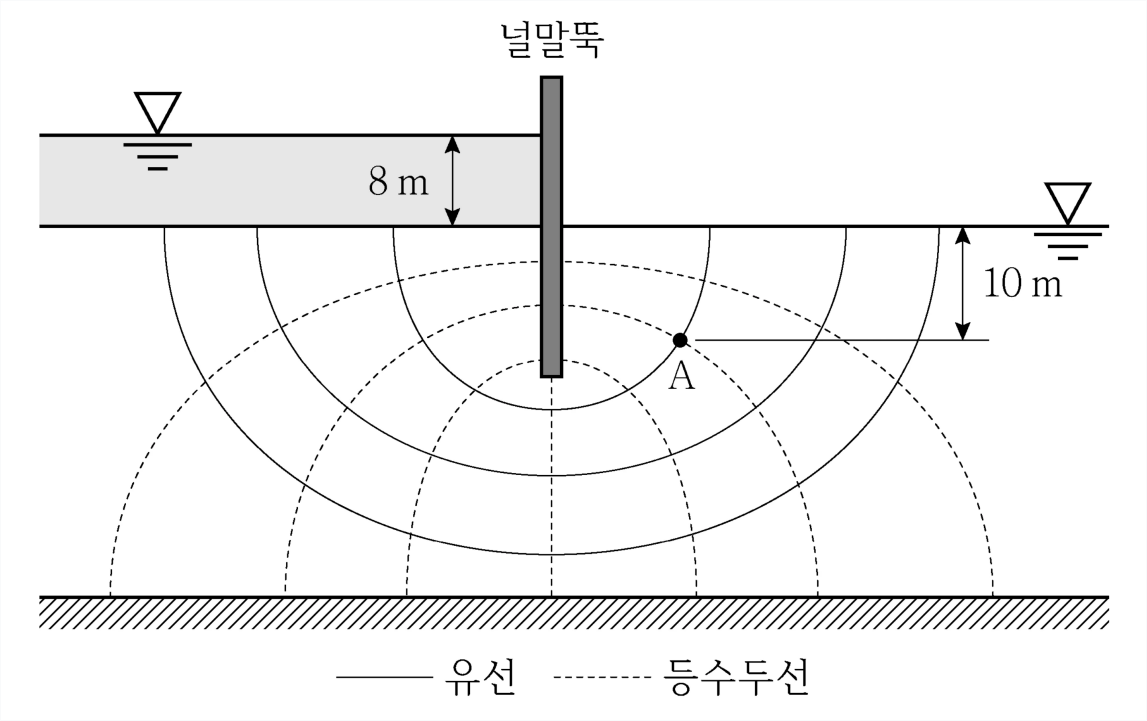
주동토압계수: 배면지표가 수평인 연직 옹벽에 Rankine 이론을 적용하면 $K_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$이다. 여기서 ϕ는 흙의 내부마찰각이다. $\phi = 30\,^\circ$이므로 $K_a = \frac{1-0.5}{1+0.5} = \frac{1}{3}$이다.

토압 분포: 흙의 단위중량을 γ, 지표에서 아래로 잰 깊이를 z라 하면, 점착력이 0이고 지하수위를 무시할 때 수평 주동토압은 $\sigma_a(z) = K_a \gamma z$이다. 따라서 지표에서는 0이고, 높이 $H = 6\text{m}$인 옹벽의 바닥에서는 $\sigma_a(H) = \frac{1}{3} \cdot 18 \cdot 6 = 36\text{kN/m}^2$이다. 36 kN/m^{2}는 **바닥에서의 토압 강도**이며, 벽 전체에 작용하는 합력은 이 분포를 합산해야 한다.

단위폭당 합력: 토압이 깊이에 따라 선형으로 증가하므로 **삼각형 토압 분포의 면적**을 구한다. $P_a = \frac{1}{2}\sigma_a(H)H$에 대입하면 $P_a = \frac{1}{2} \cdot 36 \cdot 6 = 108\text{kN/m}$이다. 토압 강도에 높이를 곱하므로 단위는 kN/m^{2}에서 kN/m가 되며, 계산값은 ①의 108에 해당한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같이 널말뚝 주위의 지하수 흐름에 대한 유선망이 주어졌고, 지반의 투수계수는 5×10^{-5} m/sec이다. 단위폭당 침투유량[m^3/sec/m]과 A점에 작용하는 간극수압[kPa]은? (단, 물의 단위중량은 10 kN/m^3이고, 유선망의 모든 격자는 정사각형에 가까운 것으로 고려한다)



① 침투유량: 2×10^{-4}, 간극수압: 120

② 침투유량: 2×10^{-4}, 간극수압: 140

③ 침투유량: 1×10^{-4}, 간극수압: 120

④ 침투유량: 1×10^{-4}, 간극수압: 140

정답 1번

간단한 해설

유선망의 **유로 수는 4개, 수두강하 구간 수는 8개**이므로 단위폭당 침투유량은 2×10^{-4} m^3/sec/m이다. A점의 전수두는 하류 수면보다 2 m 높고 A점은 그 수면 아래 10 m에 있으므로, **압력수두는 12 m**이고 간극수압은 120 kPa이다.

NoteBase

계산 과정

유선망 판독: 실선은 유선, 점선은 등수두선이다. 널말뚝 표면과 하부 불투수층도 물이 가로질러 흐르지 않는 유선 경계이므로, 이 경계와 내부 실선 3개 사이의 **유로는 4개**이다. 상류에서 하류까지 점선 등수두선 7개로 나뉜 **수두강하 구간은 8개**이며, 양쪽 수면의 높이 차인 총수두차 H는 8 m이다.

단위폭당 침투유량: 정사각형에 가까운 유선망에서는 각 유로가 같은 유량을 운반하고 각 수두강하 구간에서 같은 수두가 손실된다. 따라서 투수계수 k, 유로 수 N_f, 수두강하 구간 수 N_d를 사용하면 $q = kH\frac{N_f}{N_d}$이다. 주어진 $k = 5 \times 10^{-5}$ m/sec를 대입하면 $q = (5 \times 10^{-5}) \cdot 8 \cdot \frac{4}{8}$이므로, 단위폭당 침투유량은 2×10^{-4} m^3/sec/m이다.

A점의 전수두: 한 구간의 수두차는 $\Delta h = \frac{H}{N_d} = \frac{8}{8} = 1$ m이다. A점을 지나는 점선에서 하류 수면까지는 수두강하 구간이 2개 남아 있으므로, 하류 수면을 기준면으로 한 A점의 전수두는 $h_A = 2 \cdot 1 = 2$ m이다.

A점의 간극수압: 지반 내 침투에서 속도수두를 무시하면 전수두는 위치수두와 압력수두의 합이다. A점은 기준면인 하류 수면보다 10 m 아래에 있으므로 위치수두는 $z_A = -10$ m이다. 따라서 **전수두에서 위치수두를 뺀** 압력수두는 $\frac{u_A}{\gamma_w} = h_A - z_A = 2 - (-10) = 12$ m이고, 물의 단위중량 10 kN/m^3를 곱하면 $u_A = 10 \cdot 12 = 120$ kPa이다.

단위폭당 침투유량 2×10^{-4} m^3/sec/m와 간극수압 120 kPa의 조합은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 7. 흙의 입도분석 시험과 통일분류법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 비중계 시험에 이용되는 Stokes 법칙에 따르면 흙입자의 침강 속도는 구로 가정한 입자 직경의 제곱에 비례한다.

② 유효입경 D_{10}은 입도분포곡선에서 가적통과율 10%에 해당하는 흙입자의 직경을 나타낸다.

③ No. 200체의 가적통과율이 50% 미만인 흙은 자갈 또는 모래로 분류된다.

④ 균등계수의 조건과 관계없이 곡률계수가 1⨉3의 범위에 있으면 입도분포가 양호한 것으로 판단한다.

정답 4번

간단한 해설

곡률계수가 1⨉3이라는 조건만으로 입도가 양호하다고 판단할 수 없다. **균등계수 조건도 동시에 충족**해야 하며, 그 기준은 자갈은 4 이상, 모래는 6 이상이다.

선지별 해설

① O: Stokes 법칙은 구형 입자가 유체 속에서 층류 조건으로 침강할 때의 종말속도를 설명한다. 입자와 유체의 밀도 및 유체의 점성이 일정하면 침강속도는 **입자 직경의 제곱에 비례**한다. 따라서 같은 조건에서 직경이 2배인 입자는 침강속도가 4배가 된다. 비중계 시험은 이러한 침강속도 차이를 이용하여 세립토의 입도분포를 구한다.

② O: 유효입경 D_{10}은 입도분포곡선에서 **가적통과율이 중량 기준 10%**가 되는 입경이다. 즉, 전체 흙 중 이 입경보다 작은 입자들의 중량이 10%를 차지한다. 같은 방식으로 D_{30}과 D_{60}은 각각 가적통과율 30%, 60%에 해당하는 입경이다.

③ O: 통일분류법에서는 No. 200체의 가적통과율이 50% 미만이면 전체 흙의 중량 중 **50%를 초과하는 부분이 체에 남으므로 조립토**로 분류한다. No. 200체의 눈금 크기는 0.075 mm이다. 조립토는 다시 No. 4체를 기준으로 조립분 중 자갈과 모래가 차지하는 비율에 따라 자갈 또는 모래로 나눈다.

④ X: 자갈·모래의 입도가 양호하려면 **균등계수와 곡률계수 조건을 모두 만족**해야 한다. 균등계수는 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$이며, 자갈은 $C_u \geq 4$, 모래는 $C_u \geq 6$이어야 한다. 곡률계수는 $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} D_{60}}$이며, 두 경우 모두 $1 \leq C_c \leq 3$이어야 한다. 균등계수는 입경 분포의 폭을, 곡률계수는 중간 입경을 포함한 분포곡선의 형태를 나타내므로 곡률계수가 기준에 들어도 균등계수가 기준에 못 미치면 입도가 양호하다고 판단하지 않는다.

NoteBase

문 8. 표준압밀시험을 실시하여 얻은 간극비-응력($e - \log \sigma'$) 곡선을 이용하여 산정하는 물리량은?

① 압밀계수

② 압축지수

③ 투수계수

④ 2차 압축지수

정답 2번

간단한 해설

간극비–로그 유효응력 곡선에서 **정규압밀 구간의 직선 기울기 크기**가 압축지수이다. 이는 유효응력이 증가할 때 간극비가 얼마나 감소하는지를 나타낸다.

공통 해설

표준압밀시험의 $e - \log \sigma'$ 곡선은 세로축에 간극비 e, 가로축에 유효응력 σ'의 상용로그를 표시한 것이다. 이 곡선에서 선행압밀응력을 넘어서는 **정규압밀 구간**은 대체로 직선으로 나타나며, 그 기울기의 절댓값을 압축지수 C_c라고 한다. 즉, 시간에 따른 변화가 아니라 유효응력 증가에 따른 간극비 감소를 나타내는 관계에서 구하는 값이다.

정규압밀 직선 위의 두 점에서 유효응력이 σ'_1에서 σ'_2로 증가하고 간극비가 e_1에서 e_2로 감소했다면, $C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log_{10}(\sigma'_2/\sigma'_1)}$로 구한다. 두 유효응력은 같은 단위를 사용하며, 압축지수는 무차원이다. 압축지수가 클수록 같은 유효응력비의 증가에 대해 간극비 감소가 크므로 흙이 더 쉽게 압축된다.

NoteBase

문 9. 배면지반이 수평인 연직 옹벽에서 뒤채움 흙의 습윤단위중량 20 kN/m^3, 내부마찰각 30°, 점착력 18 kPa일 때, Rankine의 토압이론으로 구한 인장균열깊이[m]는? (단, $\frac{1}{\sqrt{3}} = 0.6$으로 계산한다)

① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 3번

간단한 해설

인장균열깊이는 점착력을 고려한 **주동토압강도가 0이 되는 깊이**이다. 주어진 근삿값을 적용하면 지표면에서 3 m까지 인장균열이 발생하는 것으로 계산된다.

계산 과정

주어진 습윤단위중량은 γ = 20 kN/m^3, 내부마찰각은 ϕ = 30°, 점착력은 c = 18 kPa이다. 점착력의 단위는 1 kPa = 1 kN/m^{2}이므로 단위중량과 함께 그대로 계산할 수 있다.

배면지반이 수평인 연직 옹벽에 Rankine 이론을 적용하면 주동토압계수는 $K_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$이다. ϕ = 30°를 대입하면 $K_a = \frac{1-0.5}{1+0.5} = \frac{1}{3}$이다. 따라서 문제에서 지정한 근삿값에 따라 $\sqrt{K_a} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.6$으로 계산한다.

지표면에서 깊이 z인 곳의 주동토압강도는 $\sigma_a = \gamma z K_a - 2c\sqrt{K_a}$이다. 지표면 부근에서는 점착력 항 때문에 계산상 인장응력이 나타난다. 흙의 인장저항을 무시하면 이 구간에서 균열이 생기므로, 인장균열의 하단은 **주동토압강도가 0이 되는 위치**이다. 인장균열깊이를 z_0라 하면 $\gamma z_0 K_a - 2c\sqrt{K_a} = 0$에서 $z_0 = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$를 얻는다.

주어진 값을 대입하면 $z_0 = \frac{2 \cdot 18}{20 \cdot 0.6} = 3\text{m}$이다. 이는 지표면에서 균열 하단까지의 깊이이며, ③의 3 m에 해당한다.

NoteBase

문 10. 단면적이 50 cm^2인 완전포화 시료에 대하여 정수위 투수시험을 수행한 결과, 1분 동안 유출된 물의 양이 600 cm^3이었다. 이 시료의 간극비가 0.5일 때, 실제침투유속[cm/sec]은?

① 0.2

② 0.3

③ 0.4

④ 0.6

정답 4번

간단한 해설

실제침투유속은 시료 전체가 아니라 **물이 흐르는 간극 면적**을 기준으로 한다. 간극비 0.5에 대응하는 간극률은 1/3이므로, 전체 단면적 기준 유속 0.2 cm/sec를 간극률로 나누면 **0.6 cm/sec**가 된다.

계산 과정

1. 전체 단면적 기준 유속: 유출수량을 V, 측정 시간을 t, 시료 단면적을 A라 하면 단위 시간당 유량은 $Q = \frac{V}{t}$이다. 1분 = 60초이므로 $Q = \frac{600}{60} = 10\ cm^3/sec$이다. 이를 전체 단면적 50 cm^2로 나눈 Darcy 유속은 $v = \frac{Q}{A} = \frac{10}{50} = 0.2\ cm/sec$이다. 이 값은 **흙 입자까지 포함한 전체 단면적**을 기준으로 한 유속이다.

2. 간극률: 간극비 e는 흙 입자 부피에 대한 간극 부피의 비이고, 간극률 n은 전체 부피에 대한 간극 부피의 비이다. 전체 부피는 흙 입자 부피와 간극 부피의 합이므로 $n = \frac{e}{1+e}$이다. 따라서 $n = \frac{0.5}{1+0.5} = \frac{1}{3}$이다.

3. 실제침투유속: 완전포화 시료에서는 간극이 물로 채워져 있으므로, 평균적으로 물이 흐르는 간극 면적은 전체 단면적의 n배로 본다. 실제침투유속을 v_s라 하면 같은 유량에 대해 $Q = vA = v_s nA$이므로 **Darcy 유속을 간극률로 나누어야 한다**. 따라서 $v_s = \frac{v}{n} = \frac{0.2}{1/3} = 0.6\ cm/sec$이며, 이는 ④의 0.6에 해당한다.

NoteBase

문 11. 모래지반에 대해 30 cm × 30 cm 정방형의 평판재하시험을 한 결과, 300 kPa의 극한지지력을 얻었다면, 동일한 지반에서 4 m × 4 m 정방형 기초의 극한지지력[MPa]은?

① 2

② 4

③ 6

④ 8

정답 2번

간단한 해설

모래지반의 평판재하시험 결과를 기초로 환산할 때 극한지지력은 **기초 폭에 비례**한다. 폭이 0.30 m에서 4 m로 증가하므로, 극한지지력은 300 kPa에서 **4 MPa**로 증가한다.

계산 과정

주어진 극한지지력은 단위면적당 지지할 수 있는 최대 압력이다. 재하판의 폭은 $B_p = 0.30\text{m}$, 기초의 폭은 $B_f = 4\text{m}$이고, 재하판의 극한지지력은 $q_{u,p} = 300\text{kPa}$이다. 두 폭의 비를 구하려면 **cm와 m를 같은 단위로 맞춰야 한다**.

동일한 모래지반에서 정방형 재하판의 결과를 정방형 기초로 환산할 때는 $q_{u,f} = q_{u,p}\frac{B_f}{B_p}$를 적용한다. 여기서 $q_{u,f}$는 기초의 극한지지력이다. 이 문항의 환산 관계는 모래지반의 지지력식에서 흙의 자중에 의한 지지력 항이 기초 폭에 비례하는 데 근거하므로, **면적비가 아니라 폭비**로 보정한다.

값을 대입하면 $q_{u,f} = 300 \cdot \frac{4}{0.30} = 4000\text{kPa}$이다. 1 MPa = 1000 kPa이므로 4000 kPa = 4 MPa이며, 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 12. 두께 10 m인 정규압밀 점토층이 암반 위에 존재할 때, 이 점토층 중앙부의 압축지수는 0.34이고 초기 간극비는 0.7이며, 초기 연직유효응력은 50 kPa이다. 50 kPa의 상재하중을 지표면 전체에 가하여 발생할 최종압밀침하량[cm]은? (단, log2 = 0.3으로 계산한다)

① 40

② 50

③ 60

④ 70

정답 3번

간단한 해설

정규압밀 점토에서는 압축지수로 간극비 감소량을 구한다. 최종 유효응력이 초기값의 **2배**가 되므로 간극비 감소량은 0.102이고, 이를 층 두께에 따른 침하량으로 환산하면 **60 cm**이다.

계산 과정

1. 유효응력 증가량: 지표면 전체에 50 kPa의 상재하중을 가하므로 점토층의 연직응력 증가량은 50 kPa이다. 최종압밀 상태에서는 하중으로 생긴 과잉간극수압이 소산되어 이 증가량이 유효응력 증가량이 된다. 따라서 중앙부의 초기 연직유효응력은 $\sigma_0' = 50\text{kPa}$, 최종 연직유효응력은 $\sigma_f' = 50 + 50 = 100\text{kPa}$이다.

2. 간극비 감소량: **정규압밀 점토**이므로 압축지수 C_c를 적용한다. 압축지수는 유효응력의 상용로그 증가에 따른 간극비 감소의 기울기이므로, 간극비 감소량은 $\Delta e = C_c \log_{10} \frac{\sigma_f'}{\sigma_0'}$이다. 주어진 값을 대입하면 $\Delta e = 0.34 \cdot \log_{10} \frac{100}{50} = 0.34 \cdot 0.3 = 0.102$이다.

3. 침하량 환산: 초기 간극비가 $e_0 = 0.7$이므로 연직 압축변형률은 $\frac{\Delta e}{1+e_0} = \frac{0.102}{1.7} = 0.06$이다. 이는 초기 두께의 6%가 줄어든다는 뜻이다. 침하량에는 배수거리가 아니라 **점토층 전체 두께 10 m**를 사용하므로, $S = H\frac{\Delta e}{1+e_0} = 10 \cdot 0.06 = 0.6\text{m}$이다. 따라서 최종압밀침하량은 60 cm로, ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 옹벽에 작용하는 수평토압에 대해 설명한 것으로 옳지 않은 것은?

① 내부마찰각이 클수록 주동토압의 값이 감소한다.

② 주동토압 상태의 벽체 변위가 수동토압 상태의 벽체 변위보다 크다.

③ 정지토압 상태에서는 탄성평형으로 가정하여 토압계수를 추정할 수 있다.

④ 정지토압 상태의 벽체 주변 지반에 대한 모어원은 파괴포락선과 만나지 않는다.

정답 2번

간단한 해설

②는 필요한 벽체 변위의 대소 관계를 반대로 서술했다. 주동토압은 벽체가 배면 지반에서 멀어지며 발생하고, 수동토압은 벽체가 지반을 밀어 압축하며 발생한다. 한계상태에 도달하는 데 필요한 변위는 **수동토압 쪽이 더 크다**.

선지별 해설

① O: 다른 조건이 같으면 내부마찰각이 클수록 흙의 전단저항이 커져 주동토압은 작아진다. 예를 들어 점착력이 없는 수평 배면 지반과 매끈한 연직 벽체에 대한 Rankine 주동토압계수는 $K_a = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$이다. 내부마찰각 ϕ가 커지면 **주동토압계수가 감소**하므로, 같은 연직유효응력에 대한 수평유효응력도 감소한다.

② X: 주동토압은 벽체가 배면 지반에서 멀어져 흙이 수평으로 팽창할 때의 최소 토압이고, 수동토압은 벽체가 배면 지반 쪽으로 이동하여 흙을 압축할 때의 최대 토압이다. 각 한계상태에 도달하는 데 필요한 벽체 변위의 크기는 일반적으로 **수동토압이 주동토압보다 크다**. 따라서 선지의 '주동토압 상태의 벽체 변위가 더 크다'는 '수동토압 상태의 벽체 변위가 더 크다'로 고쳐야 한다.

③ O: 정지토압은 지반의 **수평변형이 억제된 상태**의 토압이다. 흙을 균질한 등방성 선형탄성체로 가정하고 수평변형률을 0으로 놓으면 탄성응력·변형률 관계로부터 정지토압계수를 $K_0 = \frac{\nu}{1-\nu}$로 추정할 수 있다. 여기서 ν는 포아송비이다. 이는 탄성 가정에 따른 추정식이며 실제 흙의 모든 응력 이력을 그대로 나타내는 식은 아니다.

④ O: 모어원은 지반의 응력상태를 나타내고, 파괴포락선은 전단파괴가 일어나는 응력의 한계를 나타낸다. 정지토압 상태는 주동·수동의 전단파괴 한계에 도달하기 전이므로 모어원은 **파괴포락선 안쪽에 있으며 접하지 않는다**. 주동 또는 수동 한계상태에서는 모어원이 파괴포락선에 접한다.

NoteBase

문 14. 원위치시험에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 표준관입시험으로 지반 내 간극수압을 직접 측정하고, 지반의 투수계수를 구할 수 있다.

② 콘관입시험으로 지반의 콘관입저항력과 마찰슬리브 마찰저항력을 측정할 수 있으며, 이를 통해 지반의 강도와 말뚝의 지지력 등을 추정할 수 있다.

③ 베인 전단시험으로 점토의 비배수전단강도와 예민비를 구할 수 있다.

④ 프레셔미터 시험으로 측정 지반의 횡방향 변형계수, 횡방향 지반반력계수를 구할 수 있다.

정답 1번

간단한 해설

표준관입시험은 표준 샘플러의 관입에 필요한 **타격횟수인 N값**을 구하는 시험이다. 간극수압의 직접 측정이나 투수계수 산정은 표준관입시험의 측정 항목이 아니며, 각각 간극수압계나 별도의 투수시험을 이용한다.

선지별 해설

① X: 표준관입시험은 샘플러를 15 cm 예비 관입시킨 뒤, 추가로 30 cm 관입시키는 데 필요한 타격횟수인 **N값**을 측정한다. 이를 이용하여 사질토의 상대밀도나 지반의 강도 등을 경험적으로 추정한다. 간극수압을 직접 측정하는 시험은 아니며, 간극수압은 간극수압계로 측정하고 투수계수는 별도의 현장 또는 실내 투수시험으로 구한다.

② O: 콘관입시험은 콘을 지반에 밀어 넣으면서 콘 선단의 관입저항과 마찰슬리브에 작용하는 마찰저항을 측정한다. 이 저항값을 지반 특성과 연결하는 관계식을 이용하여 **지반의 강도와 말뚝의 선단·주면 지지력** 등을 추정할 수 있다. 저항값을 측정하는 것과 지반정수나 말뚝 지지력을 추정하는 것을 구별한다.

③ O: 베인 전단시험은 점토에 삽입한 날개를 회전시켜 전단파괴에 필요한 회전모멘트를 측정하고, 날개의 크기와 파괴면을 고려하여 비배수전단강도를 구한다. 이어 흙을 충분히 교란한 뒤 다시 시험하면 교란 후의 강도를 얻는다. **불교란 상태의 강도를 교란 후의 강도로 나눈 값**이 예민비이며, 교란으로 강도가 얼마나 감소하는지를 나타낸다.

④ O: 프레셔미터 시험은 지중의 원통형 가압 장치를 팽창시켜 공벽에 횡방향 압력을 가하고, 그에 따른 공벽의 변형을 측정한다. **횡방향 압력과 변형의 관계**를 해석하여 지반의 횡방향 변형계수와 횡방향 지반반력계수를 구할 수 있다. 변형계수는 지반의 변형 저항을, 지반반력계수는 수평변위에 대한 지반의 반력 정도를 나타낸다.

NoteBase

문 15. KDS 17 10 00: 2024 규정에 따르면, 액상화 예비평가 단계에서 지반의 액상화 위험도 평가를 생략하기 어려운 지층은?

① 연중 최고 지하수위보다 5 m 위에 위치한 모래층

② 깊이 40 m에 위치한 10 m 두께의 포화자갈층

③ 깊이 10 m에 위치한 상대밀도가 20%인 포화모래층

④ 소성지수가 30이고 세립토성분이 60%인 점토층

정답 3번

간단한 해설

깊이 10 m의 **느슨한 포화모래층**은 지진 때 간극수압이 상승하여 흙 입자 사이의 유효응력과 전단저항이 감소할 수 있다. 상대밀도 20%라는 조건은 액상화 평가를 생략할 근거가 되지 않는다.

선지별 해설

KDS 17 10 00:2024의 4.7(4)는 예비평가에서 지층두께 1.5 m 이하의 단위깊이별로 액상화 평가 생략 여부를 결정하도록 한다. 생략 조건에는 연중 최고지하수위 상부, 심도 20 m 초과, 표준관입시험 N값 25 초과, 그림 4.7-1의 영역 C에 해당하는 고소성 점토거동 지반이 있다.

① X: 연중 최고지하수위보다 5 m 위에 있으므로 **최고지하수위 상부 지층**에 해당하여 평가를 생략할 수 있다. 모래층이라는 사실만으로 평가 대상이 되는 것은 아니다.

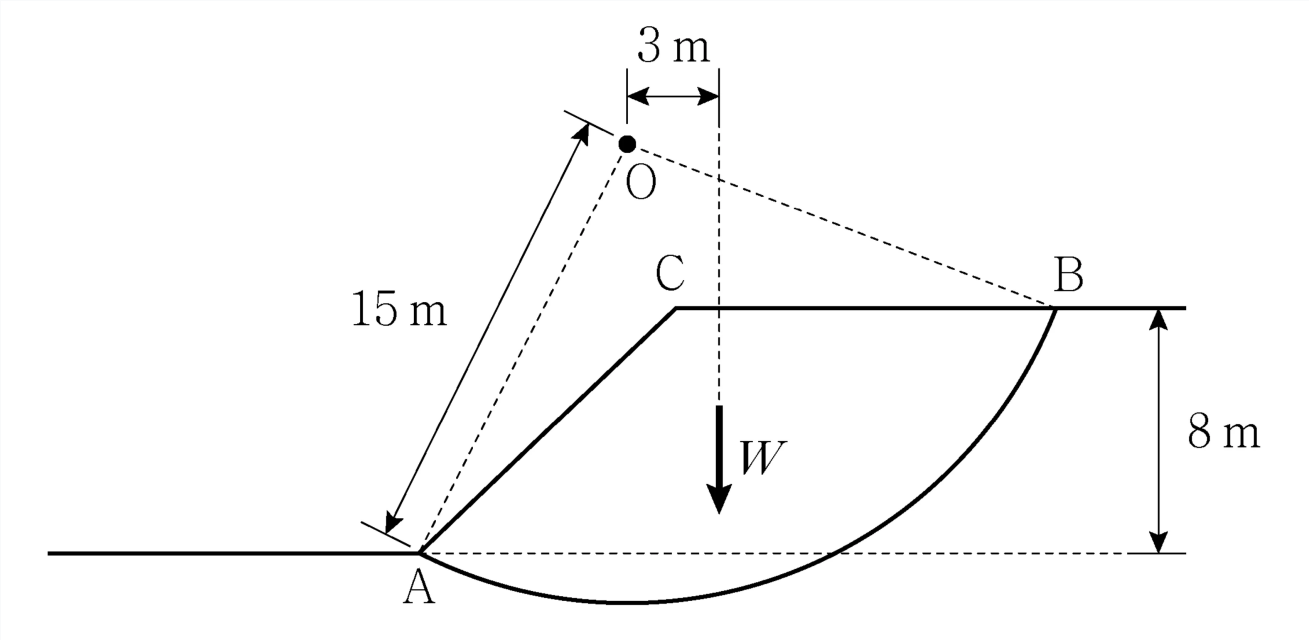
② X: 깊이 40 m에 위치하므로 **심도 20 m 초과**의 생략 조건에 해당한다. 포화자갈층의 두께가 10 m라는 사실은 이 깊이 조건을 바꾸지 않는다.

③ O: 깊이 10 m의 포화모래층은 수위 상부나 심도 20 m 초과의 생략 조건에 해당하지 않는다. 상대밀도 20%는 모래가 **느슨하게 쌓인 상태**를 뜻하며, 지진의 반복하중으로 수축하려 할 때 배수가 충분하지 않으면 간극수압이 증가하여 전단저항이 감소할 수 있다. 또한 상대밀도만으로 표준관입시험 N값 25 초과 조건이 확인되는 것도 아니므로, 주어진 정보로 평가를 생략하기 어렵다.

④ X: 소성지수 30인 점토는 그림 4.7-1에서 액상화 가능성이 낮은 **영역 C**에 해당하므로 평가를 생략할 수 있다. 이 도표의 액상화 가능 영역 A·B는 소성지수가 18% 미만인 범위에 있으며, 소성지수 30은 그 범위 밖이다. 세립토성분 60%만을 독립적인 생략 기준으로 삼는 것은 아니다. 다만 액상화 평가 생략이 반복하중에 따른 강도 저하인 반복연화까지 없다는 뜻은 아니다.

NoteBase

문 16. 내부마찰각이 0°이고, 비배수전단강도가 50 kPa, 단위중량이 20 kN/m^{3}인 점토지반에 대해 높이 8 m인 사면 AC를 형성하였다. 그림과 같은 원호 형태의 전단파괴면을 가정할 때 활동파괴에 대한 안전율은? (단, 도형 ABC의 면적은 100 m^{2}이고, 무게중심은 O점에서 3 m 거리에 위치하며, 호 AB의 길이는 20 m이다)



① 2.0

② 2.5

③ 3.0

④ 3.5

정답 2번

간단한 해설

원호활동의 안전율은 **활동모멘트에 대한 저항모멘트의 비**이다. 비배수전단강도에 원호 길이와 반지름을 곱한 저항모멘트는 15,000 kN·m이고, 자중에 수평 모멘트 팔을 곱한 활동모멘트는 6,000 kN·m이므로 안전율은 $\frac{15,000}{6,000} = 2.5$이다.

NoteBase

계산 과정

1. 해석 조건: 내부마찰각이 0°인 점토에서는 전단강도를 주어진 비배수전단강도 $c_u = 50$ kPa로 적용한다. 원호활동은 O점을 중심으로 회전하므로, 안전율은 $F_s = \frac{M_r}{M_d}$로 구한다. 여기서 M_r은 저항모멘트, M_d는 활동모멘트이다. 해석 단면에 수직한 방향의 폭을 1 m로 잡아 계산한다.

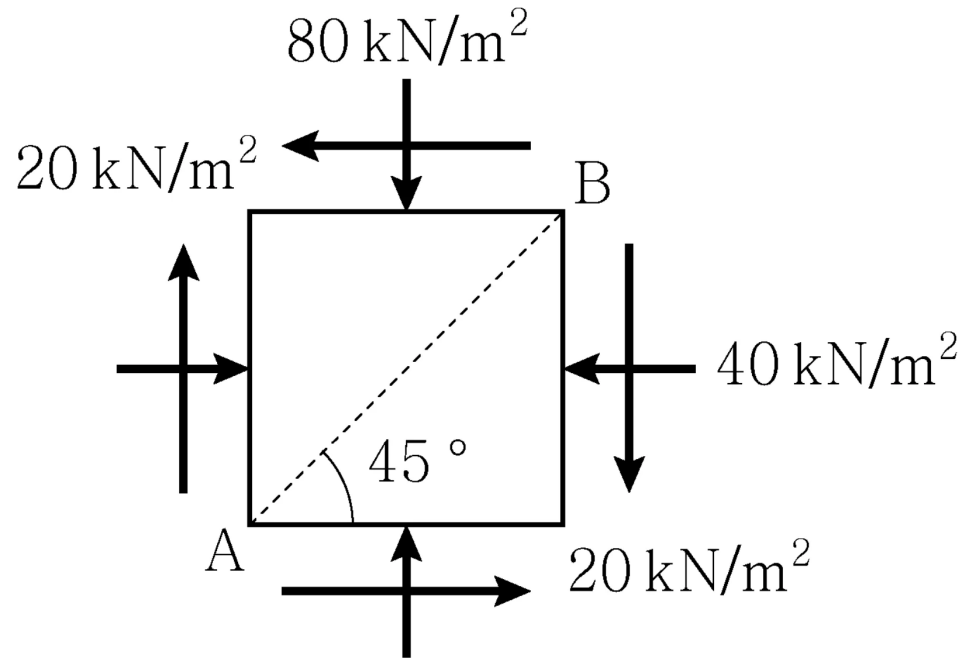
2. 자중과 활동모멘트: 활동토체 ABC의 단면적이 100 m^2이고 단위중량이 20 kN/m^3이므로, 폭 1 m인 토체의 자중은 W = 20 × 100 × 1 = 2,000 kN이다. 그림에서 W는 연직으로 작용하므로 모멘트 팔은 O점에서 **W의 작용선까지의 수평거리 3 m**이다. 따라서 활동모멘트는 $M_d = W \cdot d$ = 2,000 × 3 = 6,000 kN·m이다.

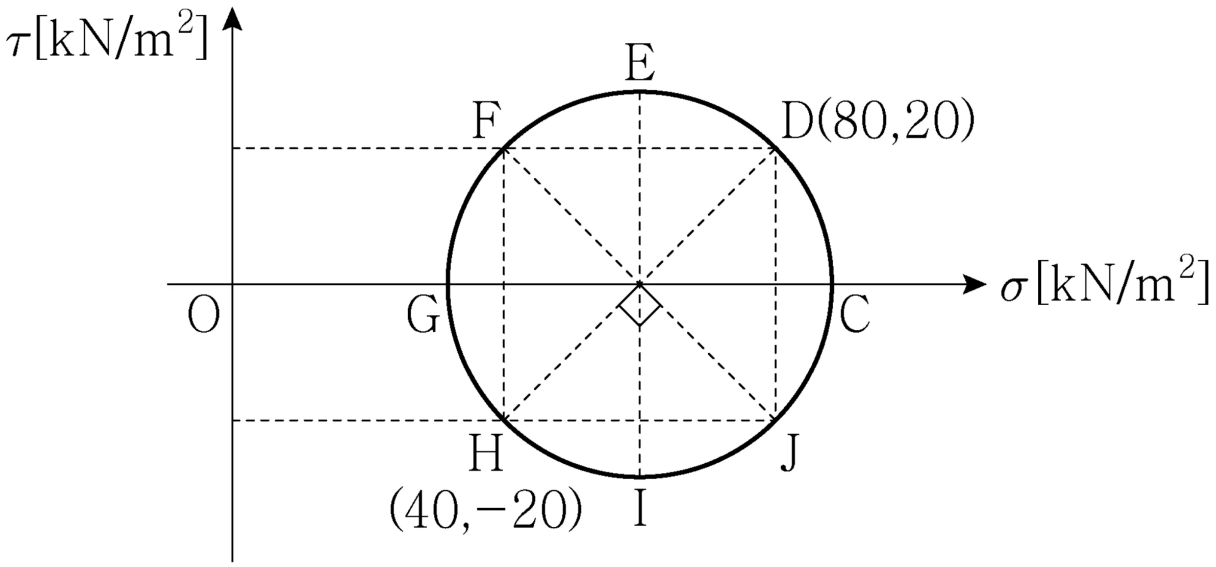
3. 저항모멘트: 파괴면의 면적은 원호 길이 20 m에 폭 1 m를 곱한 20 m^2이다. 1 kPa = 1 kN/m^2이므로 파괴면 전체의 전단저항 크기를 합하면 50 × 20 × 1 = 1,000 kN이다. 각 지점의 전단저항은 원호의 접선 방향으로 작용하여, O점에 대한 모멘트 팔이 모두 **원호 반지름 15 m**이다. 따라서 저항모멘트는 $M_r = c_u \cdot L \cdot 1 \cdot R$ = 50 × 20 × 1 × 15 = 15,000 kN·m이다. 여기서 L은 호 AB의 길이, R은 반지름 OA이다.

4. 안전율: $F_s = \frac{15{,}000}{6{,}000} = 2.5$이다. 분자와 분모의 모멘트 단위가 소거되므로 안전율에는 단위가 없으며, 계산값 2.5는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 17. 다음 그림은 요소에 주어진 응력 상태와 그에 해당하는 모어원을 도식한 것이다. 요소에 작용하는 최대주응력, 최소주응력, 그리고 AB면의 응력상태에 해당하는 모어원상의 위치는? (단, 모어원에서 수직응력은 압축력을 (+)로, 전단응력은 반시계방향을 (+)로 한다)





① 최대주응력: C, 최소주응력: G, AB면 응력상태: J

② 최대주응력: C, 최소주응력: G, AB면 응력상태: F

③ 최대주응력: E, 최소주응력: I, AB면 응력상태: J

④ 최대주응력: E, 최소주응력: I, AB면 응력상태: F

NoteBase

정답 2번

간단한 해설

주응력은 **전단응력이 0**인 상태이므로, 모어원의 오른쪽 수평축 교점 C가 최대주응력, 왼쪽 교점 G가 최소주응력이다. AB면은 수평면에서 반시계방향으로 45° 기울어져 있으므로, 모어원에서는 수평면의 응력점 D에서 **같은 방향으로 90°** 이동한 F에 대응한다.

대응 관계 해설

모어원의 가로축은 수직응력, 세로축은 전단응력을 나타낸다. 이 문제에서는 압축 수직응력을 양으로, 요소를 반시계방향으로 회전시키는 전단응력을 양으로 표시한다. 주응력은 전단응력이 0인 면에 작용하는 수직응력이므로, 모어원과 수평축의 교점에서 찾는다.

최대주응력: 수평축 교점 중 가장 오른쪽에 있는 **C**에서 수직응력이 최대이다. E는 원의 가장 위쪽 점으로 양의 전단응력이 최대인 상태이며, 전단응력이 0인 주응력 상태와 다르다.

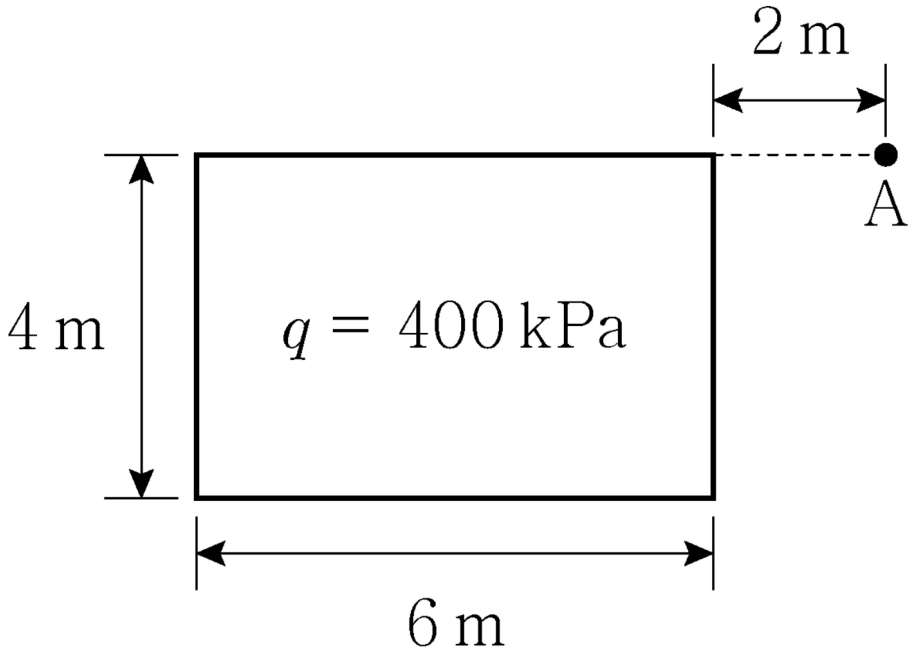
최소주응력: 수평축 교점 중 가장 왼쪽에 있는 **G**에서 수직응력이 최소이다. I는 원의 가장 아래쪽 점으로 음의 전단응력 절댓값이 최대인 상태이므로 최소주응력점이 아니다.

AB면의 응력상태: 요소의 위쪽 수평면에는 압축 수직응력 80 kN/m^2와 왼쪽으로 향하는 전단응력 20 kN/m^2가 작용한다. 이 전단응력은 요소를 반시계방향으로 회전시키므로, 수평면의 응력상태는 D(80, 20)이다. AB면은 이 수평면에서 반시계방향으로 45° 회전한 면이다. 주어진 부호 규약에서는 **실제 면의 회전각의 두 배를 같은 방향으로** 모어원의 중심 주위에서 이동하므로, D에서 반시계방향으로 90° 이동한 F가 AB면의 응력점이다. F의 수직응력은 40 kN/m^2, 전단응력은 +20 kN/m^2이다. F와 지름의 양 끝을 이루는 J는 AB면에 직교하는 면의 응력상태이므로 구별한다.

최대주응력 C, 최소주응력 G, AB면의 응력상태 F의 대응은 ②와 일치한다.

NoteBase

문 18. 그림과 같이 직사각형 형태의 등분포하중 400 kPa이 작용할 때, 점 A 아래 깊이 z=8 m인 지점의 연직응력 증가량[kPa]은? (단, 폭 B, 길이 L로 정의된 직사각형 형태 등분포하중의 모서리 아래 깊이 z인 지점에서 연직응력 증가량에 대한 영향계수 I는 표와 같다)



$\frac{B}{z}$	$\frac{L}{z}$	I
0.25	0.5	0.05
0.5	1	0.12
1	2	0.20

① 20

② 24

③ 28

④ 32

정답 3번

NoteBase

간단한 해설

점 A를 모서리로 하는 큰 직사각형의 영향에서 실제로 하중이 없는 작은 직사각형의 영향을 **빼서 중첩**한다. 영향계수 차이가 0.12 − 0.05 = 0.07이므로 연직응력 증가량은 400 × 0.07 = 28 kPa이다.

계산 과정

1. 적용 관계: 등분포하중의 크기를 q, 영향계수를 I라 하면 모서리 아래의 연직응력 증가량은 $\Delta\sigma_z = qI$이다. 주어진 표는 **하중 영역의 모서리 아래**에 적용되므로, A가 모서리가 되도록 하중 영역을 구성한다. 하중은 q = 400 kPa, 계산 깊이는 z = 8 m이다.

2. 영역 구성: 그림에서 실제 하중 영역은 4 m × 6 m이고, A는 오른쪽 위 모서리에서 오른쪽으로 2 m 떨어져 있다. 실제 영역을 A까지 오른쪽으로 연장하면 세로 4 m, 가로 6 + 2 = 8 m인 큰 직사각형이 된다. 이 큰 영역 전체에 같은 하중을 가한 효과에서, **추가한 4 m × 2 m 영역의 하중 효과를 뺀다**. 두 직사각형 모두 A를 모서리로 하므로 표를 각각 적용할 수 있다.

3. 영향계수: 큰 직사각형은 B = 4 m, L = 8 m로 두면 $\frac{B}{z} = \frac{4}{8} = 0.5$, $\frac{L}{z} = \frac{8}{8} = 1$이므로 표에서 I = 0.12이다. 빼야 할 작은 직사각형은 B = 2 m, L = 4 m로 두면 $\frac{B}{z} = \frac{2}{8} = 0.25$, $\frac{L}{z} = \frac{4}{8} = 0.5$이므로 I = 0.05이다.

4. 연직응력 증가량: 두 영역의 응력 증가량은 각각 400 × 0.12 = 48 kPa, 400 × 0.05 = 20 kPa이다. 같은 지점에서 두 효과를 빼면 $\Delta\sigma_z = q(0.12 - 0.05)$이므로 48 − 20 = 28 kPa이다. 이는 ③의 28 kPa에 해당한다.

NoteBase

문 19. 완전포화된 시료에 대해 삼축압축시험을 수행하였다. 등방구속압 600 kPa, 시료 내 간극수압 200 kPa로 등방압밀 시킨 후, 비배수조건에서 등방구속압을 800 kPa로 증가시켰다. 그 다음, 축차응력 300 kPa을 가했더니 간극수압이 550 kPa로 증가하였다면 이 시료에 대한 Skempton의 간극수압계수 A, B는?

① A: 0.5, B: 1.0

② A: 0.5, B: 0.5

③ A: 1.0, B: 1.0

④ A: 1.0, B: 0.5

정답 1번

간단한 해설

완전포화 시료이므로 **B = 1.0**이며, 구속압 증가로 간극수압이 200 kPa에서 400 kPa로 먼저 상승한다.
축차응력에 따른 간극수압 증가분은 **550 − 400 = 150 kPa**이므로, $A = \frac{150}{300} = 0.5$이다.

계산 과정

적용식: 비배수 삼축압축시험에서 Skempton의 관계식은 $\Delta u = B(\Delta\sigma_3 + A\Delta q)$이다. 여기서 u는 간극수압, σ_3는 구속압인 최소주응력, $q = \sigma_1 - \sigma_3$는 축차응력이며, Δ는 각 재하 단계의 증가분을 뜻한다. 주응력은 전응력을 사용한다. B는 등방구속압 증가에 대한 간극수압의 반응을, A는 축차응력 증가에 따른 반응을 나타낸다.

B 결정: **완전포화 조건**에서는 간극수의 압축성을 무시하여 B = 1.0으로 본다. 등방재하에서는 모든 방향의 주응력이 같은 크기로 증가하므로 축차응력 증가분이 0이고, 관계식은 $\Delta u = B\Delta\sigma_3$가 된다.

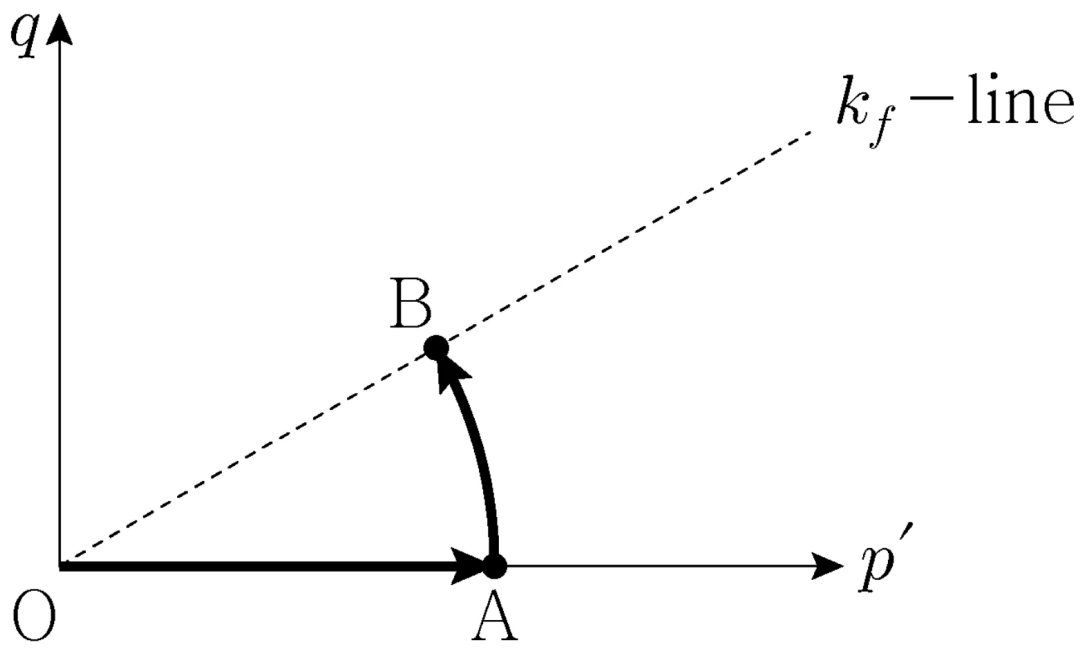
구속압 증가 단계: 비배수 상태에서 구속압을 600 kPa에서 800 kPa로 높였으므로 구속압 증가분은 800 − 600 = 200 kPa이다. B = 1.0이므로 이 단계의 간극수압 증가분도 200 kPa이다. 따라서 **축차응력을 가하기 직전의 간극수압**은 200 + 200 = 400 kPa이다.

A 계산: 다음 단계에서는 구속압 800 kPa를 유지하면서 축차응력 300 kPa을 가한다. 이때 구속압 증가분은 0이므로 $\Delta u = BA\Delta q$를 적용한다. **이 단계에서만 발생한 간극수압 증가분**은 550 − 400 = 150 kPa이다. 따라서 $A = \frac{\Delta u}{B\Delta q}$에 대입하면 $A = \frac{150}{1.0 \cdot 300} = 0.5$이다. 초기값 200 kPa부터 계산한 증가분 350 kPa에는 앞선 등방재하의 영향도 포함되므로 이를 그대로 분자에 넣지 않는다.

A = 0.5, B = 1.0이며 두 계수는 무차원이다. 이 조합은 ①과 일치한다.

NoteBase

문 20. 어느 점성토 시료에 대해 삼축압축시험을 수행하여 그림과 같이 응력경로 OAB를 얻었다. 다음 중 옳지 않은 것은?



① OA경로는 K_0 압밀과정, AB경로는 전단과정에 대한 유효응력 경로이다.

② 사용된 시료는 정규압밀상태의 점성토이다.

③ 압밀비배수 삼축압축시험의 결과이다.

④ OA경로에서는 시료 내부에 전단응력이 발생하지 않는다.

정답 1번

간단한 해설

OA는 q = 0인 가로축을 따라가므로, 모든 방향의 유효주응력이 같은 **등방압밀** 과정이다. 횡방향 변형을 억제하는 K_0 압밀과 구별해야 한다.

NoteBase

선지별 해설

① X: OA에서는 q = 0을 유지하면서 p′만 증가하므로, 축방향과 측방향의 유효주응력이 같은 **등방압밀 과정**이다. K_0 압밀은 횡방향 변형률을 0으로 유지하는 과정으로, 일반적으로 축방향과 측방향의 유효주응력이 서로 다르다. 따라서 OA를 K_0 압밀로 설명한 부분을 등방압밀로 고쳐야 한다. AB를 전단과정의 유효응력 경로로 설명한 부분은 타당하다.

② O: AB는 전단에 따라 q가 증가하는 동안 p′가 감소하여 왼쪽 위로 휘어진다. 이는 수축하려는 흙의 변형이 비배수 조건에서 억제되어 **양의 과잉간극수압**이 생기는 정규압밀 점성토의 전형적인 유효응력 경로이다. 정규압밀상태는 현재의 압밀응력이 과거에 받은 최대 압밀응력과 같은 상태이다.

③ O: OA에서 배수를 허용하여 시료를 압밀한 뒤, AB에서 **배수를 차단한 채 전단**하는 압밀비배수(CU) 삼축압축시험에 해당한다. AB에서 발생한 과잉간극수압은 소산되지 않고 유효응력에 영향을 주므로, 경로가 왼쪽으로 휘어지며 B에서 파괴선인 k_f-line에 도달한다. 일정한 측압 아래 배수 전단을 하면 과잉간극수압이 소산되므로 이와 같은 왼쪽 방향의 경로를 보이지 않는다.

④ O: OA에서는 q = 0이므로 축방향과 측방향의 유효주응력이 같다. 따라서 최대전단응력도 $\tau_{max} = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} = 0$이다. 시료는 모든 방향에서 같은 압축응력을 받으므로 체적은 줄어들 수 있지만, **주응력차에 의한 전단응력은 발생하지 않는다**.

NoteBase

문 21. Terzaghi가 제안한 얕은 기초의 수정 극한지지력 공식($q_u = \alpha c N_c + \beta \gamma_1 B N_\gamma + \gamma_2 D_f N_q$)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 지지력 공식에서 α, β는 형상계수라 하며 기초의 모양에 의해 결정된다.

② 얕은 기초의 근입깊이가 깊어지면, 그 기초의 극한지지력도 증가한다.

③ 지지력 공식에서 N_c, N_γ, N_q는 지지력계수라 하며, 지반의 점착력에 의해 결정된다.

④ 모래지반에서는 기초의 폭이 커지면 극한지지력도 증가한다.

정답 3번

간단한 해설

지지력계수 N_c, N_γ, N_q는 점착력이 아니라 **흙의 내부마찰각**에 의해 결정된다. 점착력 c는 지지력계수를 정하는 값이 아니라 점착력 항 $\alpha c N_c$에 직접 반영되는 값이다.

선지별 해설

① O: α와 β는 기초의 **평면 형상에 따른 영향**을 반영하는 형상계수이다. 기초가 연속기초인지, 정사각형기초인지, 원형기초인지 등에 따라 점착력 항과 흙의 자중 항을 보정한다.

② O: 다른 조건이 같고 얕은 기초의 적용 범위 안에 있다면, 근입깊이 D_f가 커질수록 기초 저면 높이의 상재압 $\gamma_2 D_f$가 증가한다. 이에 따라 **상재압에 의한 지지력 항**인 $\gamma_2 D_f N_q$가 커지므로 극한지지력이 증가한다.

③ X: N_c, N_γ, N_q는 지지력계수이지만, 이 계수들을 결정하는 것은 점착력이 아니라 **내부마찰각** ϕ이다. 점착력 c는 $\alpha c N_c$에 직접 곱해져 지지력에 기여한다. 따라서 내부마찰각이 같다면 점착력만 달라져도 지지력계수 자체는 달라지지 않는다.

④ O: 모래지반은 일반적으로 점착력 $c = 0$으로 보므로 점착력 항은 없고, 흙의 자중 항과 상재압 항이 남는다. 지반조건·근입깊이·기초의 형상계수가 같을 때 기초 폭 B가 커지면 **흙의 자중에 의한 지지력 항**인 $\beta \gamma_1 B N_\gamma$가 증가하므로 극한지지력도 증가한다.

NoteBase

문 22. 모래지반에 형성된 어느 무한 사면의 활동파괴 해석 시 안전율에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 해당 모래의 건조상태 내부마찰각과 완전포화상태 내부마찰각은 같다)

① 수중에 완전히 잠겨 침투가 발생하지 않는 사면과 전체가 완전건조 상태의 사면에 대한 안전율은 같다.

② 사면 내부의 일정 깊이 이하에 대해 경사면과 평행하게 침투가 발생하는 습윤상태의 사면에 대한 안전율은 표면까지 완전포화되어 사면의 경사와 평행하게 침투가 발생하는 사면의 안전율보다 크다.

③ 수중에 완전히 잠겨 있는 사면의 안전율은 사면 내부의 일정 깊이 이하에서 경사면과 평행하게 침투가 발생하고 있는 습윤상태의 사면에 대한 안전율보다 크다.

④ 완전건조 상태의 사면에 대한 안전율은 표면까지 완전포화되어 사면의 경사와 평행하게 침투가 발생하는 사면의 안전율보다 작다.

정답 4번

간단한 해설

④의 '작다'는 **'크다'**로 고쳐야 한다. 표면까지 포화되어 사면과 평행하게 물이 흐르면 간극수압과 하향 침투력의 영향으로 안전율이 완전건조 상태보다 작아진다.

NoteBase

선지별 해설

모래의 무한 사면은 점착력을 0으로 보고, 활동면의 마찰저항과 사면 아래쪽으로 미끄러지게 하는 힘의 비로 안전율을 구한다. 내부마찰각을 ϕ, 사면 경사각을 β라 하며, 문제의 조건에 따라 건조·포화 상태의 내부마찰각은 같게 적용한다.

① O: 완전건조 사면의 안전율은 $F = \frac{\tan\phi}{\tan\beta}$이다. 침투가 없는 완전 수중 사면에서는 부력을 고려한 수중자중이 활동력과 마찰저항을 결정하는 수직력에 공통으로 작용한다. 안전율을 구할 때 그 자중이 약분되므로 **건조 사면과 같은 안전율**이 된다.

② O: 지하수면이 사면 내부에 있어 그 아래에서만 평행 침투가 발생하면, 표면까지 포화된 경우보다 활동면의 간극수압이 작다. 이때 자중에 의한 수직력 중 흙 입자가 부담하는 **유효수직력의 비율이 더 크므로** 마찰저항을 상대적으로 더 크게 유지한다. 따라서 내부의 일정 깊이 이하에서만 침투하는 사면의 안전율이 표면까지 포화되어 침투하는 사면보다 크다.

③ O: 침투가 없는 완전 수중 사면은 건조 사면과 마찬가지로 안전율이 $\frac{\tan\phi}{\tan\beta}$이다. 반면 지하수면 아래에서 사면과 평행하게 물이 흐르면 **사면 아래쪽으로 작용하는 침투력**이 활동을 촉진하여 안전율이 이 값보다 작아진다. 따라서 완전 수중 사면의 안전율이 부분적으로 침투하는 습윤 사면보다 크다.

④ X: 표면까지 완전포화되어 평행 침투가 발생하는 사면의 안전율은 $F = \frac{\gamma'}{\gamma_{sat}}\frac{\tan\phi}{\tan\beta}$이다. 여기서 γ_{sat}는 포화단위중량, γ_w는 물의 단위중량이며, 수중단위중량은 $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$이다. 활동력에는 포화자중이 작용하지만, 마찰저항을 결정하는 유효수직력에는 간극수압을 뺀 효과가 반영된다. 따라서 $\frac{\gamma'}{\gamma_{sat}} < 1$이므로 이 안전율은 건조 사면보다 작다. 선지의 비교는 **'완전건조 사면의 안전율이 더 크다'**로 고쳐야 한다.

NoteBase

문 23. 공학적 성질이 동일한 두 개의 완전포화된 느슨한 모래시료에 대해 동일하게 등방구속압 150 kPa과 시료 내 간극수압 0 kPa을 가하여 등방압밀을 수행하였다. 한 시료는 배수조건에서 축차응력 300 kPa을 가하였을 때 전단파괴가 발생했다. 한편, 다른 시료는 비배수조건에서 축차응력 220 kPa을 가하여 전단파괴가 발생했을 때, 파괴 시 시료 내 간극수압[kPa]은?

① 20

② 40

③ 70

④ 90

정답 2번

간단한 해설

배수시험에서 구한 **파괴 시 유효주응력비**는 3이며, 동일한 모래의 비배수시험에도 이 비를 적용한다. 비배수 파괴 시 두 전응력에서 같은 간극수압을 빼서 이 비를 만족시키면 간극수압은 **40 kPa**이다.

계산 과정

1. 파괴조건: 모래의 유효점착력은 0으로 보고, 공학적 성질이 동일한 두 시료에는 같은 유효내부마찰각을 적용한다. 따라서 Mohr–Coulomb 파괴조건에 따른 **파괴 시 유효주응력비** σ'_1/σ'_3가 같다. 여기서 σ_1은 축방향 최대주응력, σ_3은 구속압인 최소주응력이며, 유효응력은 전응력에서 간극수압 u를 뺀 값이다.

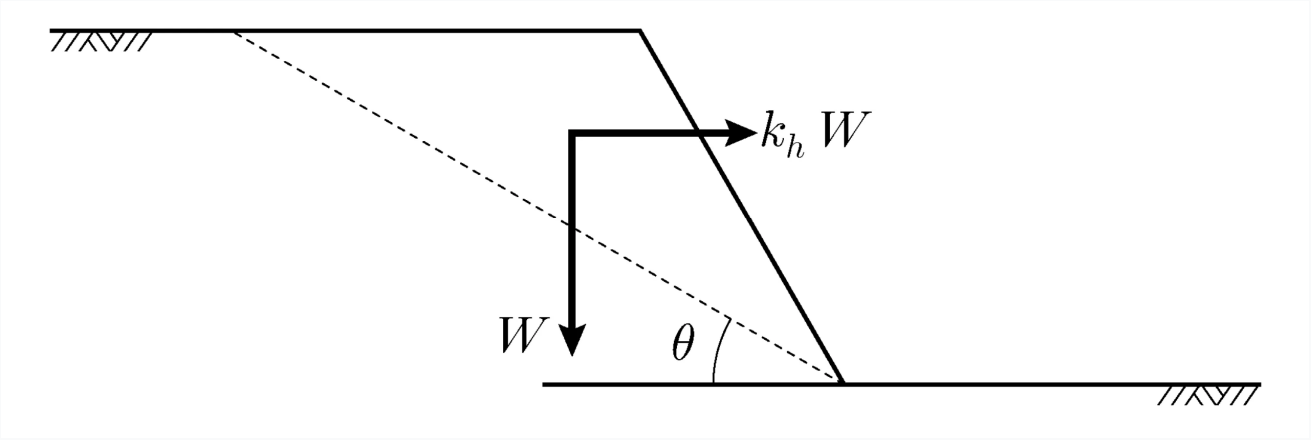
2. 배수시험의 파괴응력: 축차응력은 $\sigma_1 - \sigma_3$이므로 최대주응력은 150 + 300 = 450 kPa이다. 배수 중에는 과잉간극수압이 소산되어 간극수압이 초기값 0 kPa로 유지되므로, 유효최대주응력은 450 kPa, 유효최소주응력은 150 kPa이다. 따라서 파괴 시 유효주응력비는 $\frac{\sigma'_1}{\sigma'_3} = \frac{450}{150} = 3$이다.

3. 비배수시험의 유효응력: 구속압은 150 kPa이고 파괴 시 축차응력은 220 kPa이므로, 최대주응력은 150 + 220 = 370 kPa이다. 파괴 시 간극수압을 u라 하면 유효최대주응력은 $370 - u$ kPa, 유효최소주응력은 $150 - u$ kPa이다. 간극수압은 **두 주응력에서 똑같이 빼야** 한다.

4. 간극수압 계산: 배수시험에서 구한 유효주응력비를 적용하면 $\frac{370-u}{150-u} = 3$이다. 이를 정리하면 $370 - u = 450 - 3u$, $2u = 80$이므로 $u = 40$ kPa이다. 초기 간극수압이 0 kPa이므로 이 값은 전단 중 증가한 간극수압이면서 파괴 시 간극수압이다. 계산값 40 kPa은 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 24. 그림과 같이 내부마찰각이 0°로 주어진 점토 사면에 대해 수평지진계수 k_h를 적용한 지진하중이 작용한다. 점선으로 가정된 전단파괴면에 대한 정적 사면안전율 FS_정과 유사정적해석에 의한 동적 사면안전율 FS_동의 비율인 FS_정FS_동에 대한 식은?



① $1 + k_h$

② $1 + \frac{\tan\theta}{k_h}$

③ $1 + k_h \tan\theta$

④ $1 + \frac{k_h}{\tan\theta}$

정답 4번

간단한 해설

내부마찰각이 0°이므로 같은 파괴면의 **전단저항은 정적·동적 해석에서 같다**. 수평지진력의 파괴면 방향 성분이 활동력을 증가시키므로 안전율의 비는 FS_정FS_동=1+(k_h)/(θ)이다.

NoteBase

계산 과정

1. 파괴면과 전단저항: 그림의 θ는 점선 파괴면과 수평면이 이루는 각이다. 단위 폭 흙덩이의 자중을 W, 파괴면 길이를 L, 점착력을 c라 하자. 내부마찰각이 0°이면 마찰에 의한 저항이 없어 전단저항은 $R = cL$이다. 같은 파괴면과 주어진 강도 조건을 적용하므로 **지진력에 의해 수직력이 바뀌어도 전단저항 R은 같다**.

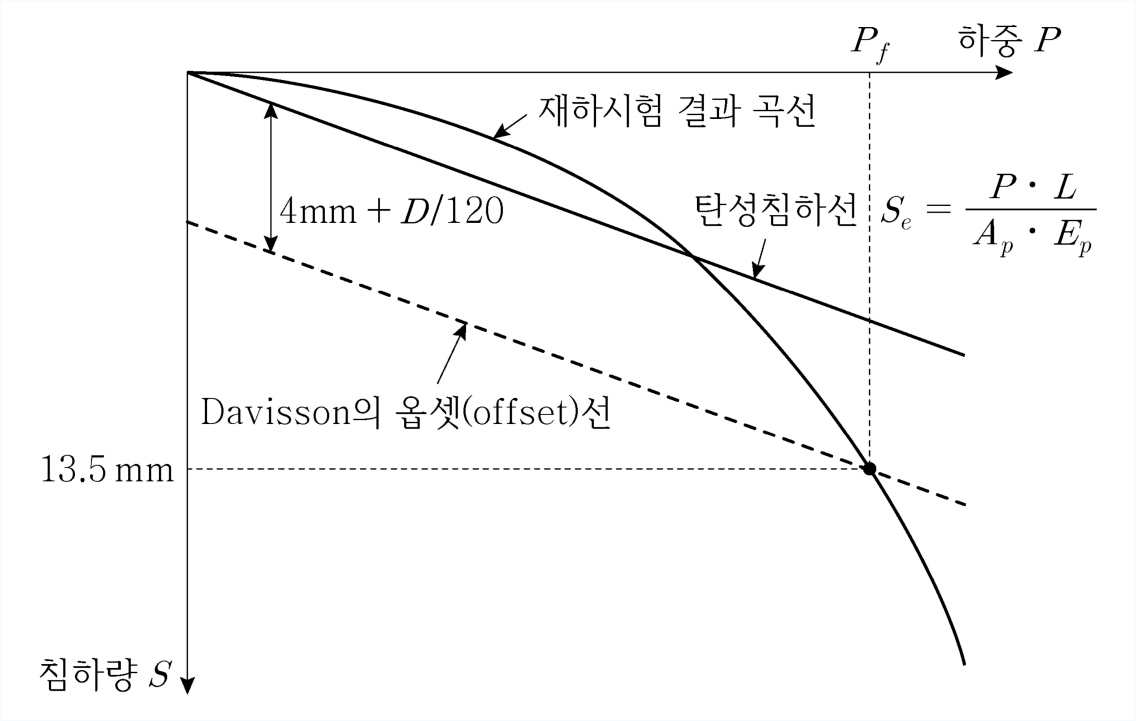
2. 정적 활동력과 안전율: 자중 W를 파괴면에 평행한 방향으로 분해하면 아래쪽으로 미끄러지게 하는 성분은 T_정=Wθ이다. 안전율은 전단저항을 활동력으로 나눈 값이므로 FS_정=(R)/(Wθ)이다.

3. 지진 시 활동력과 안전율: 유사정적해석에서는 그림의 오른쪽 수평지진력 $k_h W$를 추가한다. 이 힘과 파괴면의 활동 방향이 이루는 각은 θ이므로, 추가 활동력은 **수평지진력의 파괴면 방향 성분**인 $k_h W\cos\theta$이다. 따라서 T_동=Wθ+k_hWθ이고, FS_동=(R)/(Wθ+k_hWθ)이다.

4. 안전율의 비: 두 안전율을 나누면 공통 전단저항 R이 약분된다. 따라서 FS_정FS_동=T_동T_정이며, 활동력을 대입하면 T_동T_정=1+(k_hθ)/(θ)이다. $\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$이므로 최종 비율은 $1 + \frac{k_h}{\tan\theta}$이며, ④의 식과 일치한다. 이 비율은 무차원이다.

NoteBase

문 25. 말뚝재하시험을 수행하여 시험말뚝의 하중 P-침하 S 곡선을 얻었다. 그림과 같이 Davisson 방법을 적용하여 산정된 말뚝의 한계하중 P_f[kN]는? (단, 말뚝직경 $D = 360$ mm, 말뚝길이 $L = 8$ m, 말뚝단면적 $A_p = 0.1$ m^2, 말뚝의 탄성계수 $E_p = 40$ GPa이다)



① 2250

② 3250

③ 4250

④ 5250

정답 2번

간단한 해설

Davisson 방법은 재하시험 곡선과 **탄성침하선에 옵셋을 더한 선**의 교점에서 한계하중을 구한다. 교점의 전체 침하량 13.5 mm에서 옵셋 7 mm를 빼면 탄성침하량은 6.5 mm이며, 이에 대응하는 하중은 3250 kN이다.

NoteBase

계산 과정

Davisson 방법에서는 말뚝의 탄성침하선 $S_e = \frac{PL}{A_p E_p}$을 침하 방향으로 평행 이동한 옵셋선과 재하시험 결과 곡선의 교점을 한계하중으로 정한다. 그림은 침하량이 아래쪽으로 증가하므로, 교점의 전체 침하량 13.5 mm는 **탄성침하량과 옵셋의 합**이다.

옵셋 계산: 그림에 주어진 옵셋은 $4 + \frac{D}{120}$ mm이며, 직경 D는 mm 단위로 대입한다. 따라서 $4 + \frac{360}{120} = 7$ mm이다.

탄성침하량 계산: 전체 침하량에서 옵셋을 빼면 S_e는 $13.5 - 7 = 6.5$ mm이다. 이 값은 한계하중에서 말뚝 자체의 탄성압축에 해당하며, 하중 계산에 사용할 때는 **0.0065 m로 환산**한다.

한계하중 계산: 탄성침하 관계를 하중에 대해 정리하면 $P_f = \frac{S_e A_p E_p}{L}$이다. 길이 L = 8 m, 단면적 $A_p = 0.1\ \text{m}^2$를 사용하고, 탄성계수는 $E_p = 40 \cdot 10^6\ \text{kN/m}^2$로 환산한다. 따라서 $P_f = \frac{0.0065 \cdot 0.1 \cdot 40 \cdot 10^6}{8} = 3250$ kN으로, ②의 값과 일치한다.

NoteBase