

토질역학 -탈탈토목-

1	①	2	②	3	②	4	③	5	①
6	①	7	④	8	③	9	③	10	③
11	②	12	④	13	④	14	②	15	①
16	④	17	③	18	④	19	③	20	③

1. [출제의도] 흙의 비중 시험 해석하기

물 + 피크노메타 무게 = 1550g.....㉠

물 + 흙 입자(510g) + 피크노메타 무게 = 1870g

⇒ 물 + 피크노메타 무게 = 1870g - 510g = 1360g.....㉡

㉠, ㉡의 차이는 흙 입자가 차지하는 부피만큼의 물의 무게이다.

$$\text{㉠} - \text{㉡} = 1550\text{g} - 1360\text{g} = 190\text{g}$$

$$\begin{aligned} \therefore G_s &= \frac{\text{흙 입자 무게}}{\text{흙 입자 부피만큼의 물의 무게}} \\ &= \frac{510\text{g}}{190\text{g}} \approx 2.68 \end{aligned}$$

2. [출제의도] 시간계수와 압밀계수의 관계 파악하기

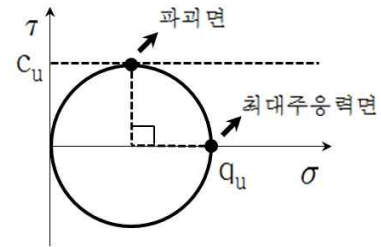
시간계수와 압밀계수의 관계는 다음과 같다.

$$T_v = \frac{C_v t}{H_{dr}^2};$$

$$\Rightarrow C_v = \frac{T_v \times H_{dr}^2}{t} = \frac{(0.848) \left(\frac{3\text{m}}{2}\right)^2}{75\text{day}} \approx 0.00294\text{cm}^2/\text{sec}$$

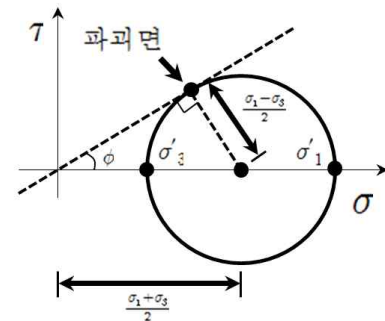
3. [출제의도] 일축압축 시험과 유효응력 해석에 대하여 이해하기

이 문제는 일축압축 시험과 유효응력 해석에 대해 충분한 이해가 필요하여 다소 난이도가 있는 문제이다. 우선 흙의 일축압축 강도 $q_u = 100\text{kN/m}^2$ 이라고 주어 졌는데, 이는 주어진 흙이 파괴에 도달할 때 모어원으로 표현하면 전응력원의 지름이 $\Delta\sigma_d = q_u = 100\text{kN/m}^2$ 임을 의미한다.



<전응력 해석>

그러나 주어진 흙에 대하여 배수마찰각이 $\phi' = 30^\circ$ 이므로 일축압축 시험과 같아 구속압력 $\sigma_3 = 0$ 으로 하는 삼축압축 시험을 실시하여 유효응력 해석할 경우 모어원이 $\phi' = 30^\circ$ 인 파괴곡선에 접해야 한다. 이는 위의 전응력원이 유효응력 해석시 아래 그림과 같이 σ_3' 만큼 우측으로 이동하는 것을 의미한다.



<유효응력 해석>

$$\sigma_3', \sigma_1' = \sigma_3' + \Delta\sigma_d = \sigma_3' + 100\text{kN/m}^2$$

$$\sin\phi' = \frac{\left(\frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2}\right)}{\left(\frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2}\right)} = \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{\sigma_1' + \sigma_3'} = \frac{(\sigma_3' + 100\text{kPa}) - \sigma_3'}{(\sigma_3' + 100\text{kPa}) + \sigma_3'} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \sigma_3' = 50\text{kPa}$$

$$\therefore \sigma_3 - \Delta u = \sigma_3' \Rightarrow 0 - \Delta u = 50\text{kPa} \Rightarrow \Delta u = -50\text{kPa}$$

4. [출제의도] 들림도 시험 결과를 해석하고 상대 다짐도 계산하기

$$\gamma_t = \frac{W}{V} = \frac{750\text{g}}{500\text{cm}^3} = 1.5\text{g/cm}^3$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1+w} = \frac{1.5\text{g/cm}^3}{1+0.2} = 1.25\text{g/cm}^3 = 1.25\text{t/m}^3$$

$$\therefore R = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d-\max}} \times 100 = \frac{1.25\text{t/m}^3}{2\text{t/m}^3} \times 100 = \frac{500}{8}\%$$

5. [출제의도] 표준다짐시험에 대한 일반적인 특성 파악하기

① 모래는 다짐시에 낮은 함수비에서 간극수의 표면장력 때문에 벌집구조(봉소구조)가 생성되어 함수비 증가 시 건조밀도가 감소할 수 있다.

$$\textcircled{2} \gamma_t = \frac{W}{V} \Rightarrow \gamma_d = \frac{\gamma_t}{1+w}$$

③ 다짐 곡선의 형태에 대한 설명으로 옳은 보기이다.

④ 옳은 보기이다. 수정다짐 시험도 방법은 동일하나 현장다짐 장비의 발전으로 다짐에너지가 증가하였으므로 이를 모사하기 위해 다짐 층수, 해머의 무게, 낙하 높이를 크게 한 시험이며 수정다짐시험은 표준다짐시험보다 다짐 에너지가 커서 다짐 곡선이 좌-상향으로 이동하므로 최적함수비와 최대 건조단위중량이 달라진다는 사실을 알아두자.

6. [출제의도] 점토광물에 대한 일반적인 특성 파악하기

점토광물의 기본단위는 '규소사면체'와 '알루미늄 팔면체'가 있다. 이들은 각각 '규소 판'과 '알루미늄 판'을 형성하게 되는데 이 두 개의 구조가 어떻게 결합되는지에 따라 점토광물의 종류가 분류된다. 다음과 같은 대표적인 점토광물 3가지를 알아두어야 한다.

1) Kaolinite

규소판과 알루미늄판이 1:1 수소결합한 안정된 구조이다.

2) illite

규소판과 알루미늄판이 2:1로 결합한 구조이다. Si^{4+} 가 Al^{3+} 로 동형치환 될 때 (-) 전하를 띄게 되는데 K^{+} 가 결합되어 안정화된 구조이다.

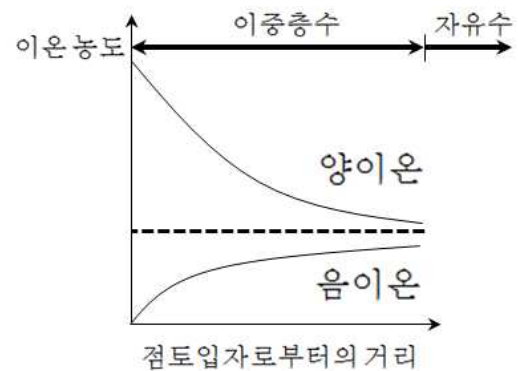
3) Montmorillonite

규소판과 알루미늄판이 2:1로 결합한 구조이다. Al^{3+} 가 Mg^{2+} 로 동형치환 되나 K^{+} 가 결합되지 않아 음의 전하를 갖게 되어 인근의 물을 다량 흡수하게 되어 팽창하는 성질이 있다.

① Montmorillonite 는 2:1 구조이고, Kaolinite 는 1:1 구조로 비슷하지 않다.

② ,④ 옳은 보기이다. 김사이트판이란 알루미늄판을 의미한다. 중요하지 않은 내용이며 카올리나이트가 1:1 구조라는 내용에 집중하자.

③ 상기 점토광물들은 동형치환이나 파단(Breaking)에 의해 표면에 '-' 전하를 띄게 되며 이로 인해 점토입자 주변의 물의 거동이 제한되는데 이를 이중층수 영역(확산 이중층수 영역)이라 한다. 이중층수 영역에서는 점토 입자 표면의 '-' 전하 때문에 양이온입자 농도가 높게 나타난다. 그러나 점토입자에서 일정 거리를 벗어나게 되면 다시 평형상태에 도달하게 되는데 이를 자유수 영역이라 한다.



7. [출제의도] 흙 속의 물의 흐름 이해하기

흙 속에서 물의 유출속도는 달시의 법칙을 이용하여 계산한다.

$$v = ki = k\left(\frac{\Delta h}{L}\right)$$

동수경사란 전수두 손실(Δh)을 물이 흐른 거리로 나누어 계산한다. 물이 흐른 거리는 그림에서 직선거리(10m)가 아니라 경사거리 이므로 이를 고려하여 표현해야 한다.

$$\begin{aligned} \therefore v &= (2 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}) \left(\frac{5 \text{ m}}{\left(\frac{10 \text{ m}}{\cos 30^\circ} \right)} \right) \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} \times 10^{-3} \text{ cm/sec} \end{aligned}$$

8. [출제의도] 완전보상기초 근입깊이 계산하기

기초를 설치할 때 흙을 파내고 설치하게 되면 지중에 가해지는 응력은 파낸 흙의 무게(γV)만큼 감소하게 된다. 따라서 어느 근입깊이 이상 흙을 파내게 되면 기초에 하중(Q)을 재하하였음에도 불구하고 기초 설치 이전과 비교하여 지중의 응력 증가분이 없게 되는데 이를 완전보상기초라 한다.

$$\Delta Q = Q - \gamma V = Q - \gamma A D_f = 0$$

$$\therefore D_f = \frac{Q}{\gamma A} = \frac{10000\text{kN}}{(20\text{kN/m}^3)(10\text{m} \times 20\text{m})} = 2.5\text{m}$$

9. [출제의도] 상대밀도에 대한 일반적인 특성 파악하기

① 옳은 보기이며 중요하지 않은 보기이다.

② 상대밀도는 다음과 같이 계산가능하다.

$$D_r = \frac{e_{\max} - e_o}{e_{\max} - e_{\min}} = \frac{\gamma_d - \gamma_{d-\min}}{\gamma_{d-\max} - \gamma_{d-\min}} \times \frac{\gamma_{d-\max}}{\gamma_d}$$

따라서 상대밀도는 간극비에 의해 정의되며 $e = \frac{n}{1-n}$ 의 관계로 간극률에 대해 정의할 수 있다. 또한 건조단위중량에 대해 정의되며 단위중량과 밀도는 $\gamma = \rho g$ 관계가 있으므로 밀도에 대해서도 정의할 수 있다.

③ 사질토는 입자의 크기가 비교적 커서 입자의 크기만으로 흙의 특성을 어느정도 파악할 수 있으며, 세립토는 입자의 크기가 작아 크기만으로 흙의 특성을 파악할 수 없고, 입자의 크기뿐만 아니라 점토광물을 이루는 광물의 종류 및 특성을 알아야 한다. 따라서 사질토는 입도분포, 상대밀도 등을 이용하여 흙의 성질을 파악하고 세립토는 입도분포, 연경도 등을 이용하여 흙의 성질을 파악한다.

④ 옳은 보기이다.

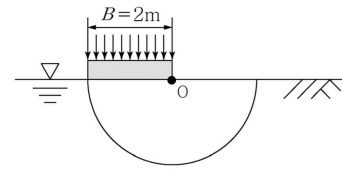
10. [출제의도] 원호 파괴 사면의 극한 지지력 산정하기

1) 외력 모멘트

회전 중심 O점에 대해 줄기초 하중 q 가 발생시키는 외력 모멘트는 다음과 같다.

$$M_d = q \times B \times \frac{B}{2}$$

$$= q \times 2\text{m} \times \frac{2\text{m}}{2} = (2q)t \cdot \text{m/m}$$



2) 저항 모멘트

회전 중심 O점에 대해 흙의 전단저항이 발생시키는 저항 모멘트는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} M_r &= (\tau_f \times L) \times R = (\sigma \tan \phi + c) \left(\frac{2\pi R}{2} \right) \times (R) \\ &= (10\text{t/m}^2)(\pi \times 2\text{m})(2\text{m}) \quad (\because \text{비배수 } \phi = 0) \\ &= (40\pi)t \cdot \text{m/m} \end{aligned}$$

$$M_d = M_r ;$$

$$\Rightarrow 2q = 40\pi$$

$$\therefore q = (20\pi)\text{t/m}^2$$

11. [출제의도] 사질토 지반에서 평판재하시험과 실제 기초 지지력의 관계 파악하기

1) 평판재하시험 결과 해석하기

$$q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma = \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$$

$$(\because \text{사질토 } c = 0, \text{ 평판재하시험 } D_f = 0 \Rightarrow q = 0)$$

$$q_o = \frac{1}{2}\gamma B_o N_\gamma = 150\text{kN/m}^2 \dots \textcircled{1}$$

2) 얇은 기초 극한지지력 해석하기

$$q_a = \frac{q_u}{FS} \Rightarrow q_u = q_a \times FS = (250\text{kN/m}^2)(3) = 750\text{kN/m}^2$$

$$q_u = \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma = 750\text{kN/m}^2 \dots \textcircled{2}$$

①, ② 식에서 극한지지력이 폭 B에 비례함을 이용한다.

$$\Rightarrow q_o \times \frac{B}{B_o} = q_u$$

$$\Rightarrow (150\text{kN/m}^2) \times \frac{B}{300\text{mm}} = 750\text{kN/m}^2$$

$$\therefore B = 1.5\text{m}$$

또한 평판재하 시험 결과를 이용하여 실제 기초의 지지력과 침하량을 산정하는 식들을 알아두자.

q_o, S_o : 평판재하 시험 시 극한지지력, 침하량

q_u, S : 실제 기초의 극한지지력, 침하량

	사질토 지반($c=0$)	점성토 지반($\phi=0$)
극한 지지력	$q_u = q_o \times \frac{B}{B_o}$	$q_u = q_o$
측시 침하량	$S = S_o \left(\frac{2B}{B+B_o} \right)^2$	$S = S_o \frac{B}{B_o}$

12. [출제의도] Terzaghi 극한 지지력 공식을 이용하여 얕은 기초의 극한 지지력 산정하기

$$q_u = cN_c + (\gamma_1 D_f)N_q + \frac{1}{2}\gamma_2 BN_\gamma$$

Terzaghi의 극한 지지력 공식은 c, q, γ 의 세 항으로 구성된다. c, γ 항은 기초 하부의 흙에 대하여 연관되며, q 항은 기초 상부의 흙에 대하여 연관되나 지하수위 조건에 따라 고려하는 방법이 상이하다. 그러나 문제에서는 지하수위가 없으므로 별도로 고려할 필요가 없다.

$$\begin{aligned} q_u &= (30\text{kPa})(17.69) + (19\text{kN/m}^3 \times 1\text{m})(7.44) \\ &\quad + \frac{1}{2}(19\text{kN/m}^3)(4\text{m})(4.97) \\ &= 860.92\text{kPa} \end{aligned}$$

$$\therefore q_a = \frac{q_u}{FS} = \frac{860.92\text{kPa}}{3} \approx 286.97\text{kPa}$$

13. [출제의도] 인장균열 깊이 계산하기

$$K_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = \frac{1}{3}$$

인장균열 깊이는 주동토압이 '0'이 되는 지점까지 발생한다.

$$\sigma_a = K_a \gamma z - 2c\sqrt{K_a} = 0$$

$$\therefore z = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}} = \frac{2(20\text{kN/m}^2)}{(20\text{kN/m}^3)\sqrt{\frac{1}{3}}} = 2\sqrt{3}\text{m}$$

14. [출제의도] 암석의 회수율과 RQD 계산하기

1) 암석의 회수율

$$\frac{\sum \text{코아 길이}}{\text{채취기 관입 깊이}} = \frac{(5 \times 2 + 10 \times 2 + 15 \times 2 + 20 \times 2)\text{cm}}{100\text{cm}} = 1$$

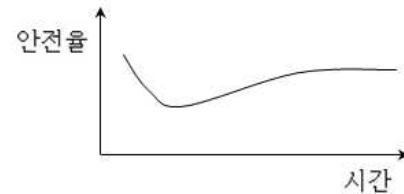
2) RQD(Rock Quality Designation)

RQD란 암석의 회수율이 모든 코아 길이를 더한것과 달리 10cm 이상 코아 길이만 계산에 이용한 것을 의미한다.

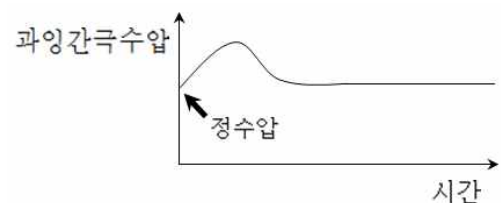
$$\frac{\sum 10\text{cm 이상 코아 길이}}{\text{채취기 관입 깊이}} = \frac{(10 \times 2 + 15 \times 2 + 20 \times 2)\text{cm}}{100\text{cm}} = 0.9$$

15. [출제의도] 포화 점토지반에 성토시 사면의 안정에 대한 일반적인 특성 파악하기

① 점토지반에 성토시 사면의 안전율은 시공 중 점점 감소하다가 시공완료시 최소이다.



②, ③ 점토지반에 성토시 과잉간극수압은 압밀이 진행되면서 점점 작아지게 되므로 흙의 유효응력은 증가하여 전단강도는 증가하게 된다.



④ 시공 중 혹은 직후의 기초지반에서 단기안정성을 평가할 때 보수적인 설계를 하기 위해서 증가된 지중응력이 모두 과잉간극수압을 발생시켰다고 해석하는 비배수 해석을 실시한다. 따라서 비배수전단시험을 통해 계산된 토질정수를 이용한다.

16. [출제의도] 불포화 점성토의 일반적인 특성 파악하기

① 점성토의 경우 투수계수가 매우 작기 때문에 포화도가 100%인 경우 비배수 해석으로 $\phi=0$ 이 된다. 따라서 지반의 사면안정 해석시 UU 시험을 통해 얻은 강도 정수를 이용하는

것이 적절하다.

② 보기는 실제 지반은 대부분 침수된 경우가 많아 포화되었다고 보고 해석하자는 의미로 사면 해석 시 불포화 지반에 대한 설계는 고려하지 않겠다는 말이다.

③ 실제 지반은 대부분 침수된 경우가 많으나 이를 시료로 채취하게 되면 교란 등으로 인하여 불포화 상태가 된다. 그러나 현장을 재현하기 위해서는 이러한 불포화 시료를 포화시킨 후 이용해야 현장 상태에 적합한 강도정수를 계산할 수 있다. 배압의 목적은 이처럼 시료를 포화상태에 이르게 하기 위한 목적임을 같이 알아두자.

④ 보기는 시료 채취시 잔류응력에 대해 언급한 보기로 보여지나 7급 토질역학에서 이를 설명하기에는 과한 부분이므로 깊게 공부하지는 않는게 시험 특성상 적합하다고 생각된다. 불포화 시료의 정확한 유효응력을 결정할 수 없다는 사실만 알아두자.
<그럼에도 궁금해하는 수험생이 있을 수 있기에 설명하자면 현장에서 시료를 채취할 때 수분 증발을 막아 함수비를 현장과 동일하게 유지할 수 있다면 이론상으로 현장의 유효응력을 그대로 유지할 수 있다. 그러나 필연적으로 발생하는 시료교란으로 현장 유효응력보다 작은 유효응력이 발생되는데 토질역학에서는 이를 '잔류응력' 이라고 표현한다. 따라서 실험실에서는 현장 불포화 시료의 정확한 유효응력을 결정할 수 없다.>

17. [출제의도] 지중의 유효응력 계산하기

지중에 투수가 발생하지 않아 정수압 상태이므로 유효응력은 침수단위중량을 이용하여 계산한다.

$$\begin{aligned}\sigma' &= (\gamma_d \times 6m) + (\gamma' \times 13m) \\ &= (16.5\text{kN/m}^3 \times 6m) + (19.25 - 10\text{kN/m}^3)(13m) \\ &= 219.25\text{kN/m}^2\end{aligned}$$

18. [출제의도] 방사, 연직 방향 압밀도와 평균압밀도의 관계 파악하기

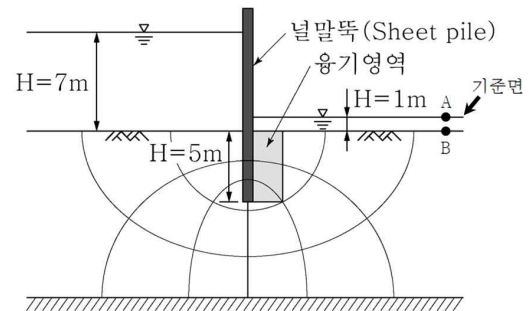
방사, 연직 방향 압밀도를 이용하여 평균 압밀도를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}(1 - U_{avz}) &= (1 - U_v)(1 - U_h) \\ \Rightarrow (1 - U_{avz}) &= (1 - 0.5)(1 - 0.7)\end{aligned}$$

$$\therefore U_{avz} = 0.85$$

19. [출제의도] 유선망의 용기영역에서 파이핑에 대한 안전율 계산하기

유선망의 용기영역에서 안전율은 동수경사를 이용하여 고려할 수도 있으나 주어진 문제에서처럼 용기영역의 유효하중과 침투수력의 관계를 이용하여 고려할 수도 있다. 유선망에서는 하류면 수위를 기준면으로 하여 해석하는 것이 용이하고 하류 수위면을 기준면으로 할 경우 두 수위면의 차이 6m 가 전수두 차이가 된다.



$$N_d = 6$$

물 속에서는 전수두 손실이 발생하지 않으므로 A, B 의 전수두는 동일하다.

$$A \text{ 점 전수두} = \text{위치수두} + \text{압력수두} = 0m + 0m$$

$$B \text{ 점 전수두} = A \text{ 점 전수두} = 0m$$

용기영역 하부의 평균등수두선 간격이 2.5이므로 용기영역 하부의 전수두는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}\text{용기영역 하부 전수두} &= B \text{ 점전수두} + \frac{\text{전수두차}}{N_d} \times 2.5 \\ &= 0m + \frac{6m}{6} \times 2.5 = 2.5m\end{aligned}$$

$$\therefore FS = \frac{W'}{F_{sp}} = \frac{\gamma' V}{i \gamma_w V} = \frac{\gamma'}{(\frac{\Delta h}{H}) \gamma_w} = \frac{(2 - 1t/m^3)}{(\frac{2.5m}{5m})(1t/m^3)} = 2$$

20. [출제의도] 압밀시험의 응력경로 해석하기

압밀시험은 압밀링으로 인하여 횡방향이 구속되므로 정지토압

계수(K_o)를 이용하여 수평토압(σ_h)을 계산할 수 있다.

$$\Rightarrow \sigma_h = K_o \sigma_v$$

$$\tan \beta = \frac{q}{p} = \frac{\left(\frac{\sigma_v - \sigma_h}{2} \right)}{\left(\frac{\sigma_v + \sigma_h}{2} \right)} = \frac{\left(\frac{\sigma_v - K_o \sigma_v}{2} \right)}{\left(\frac{\sigma_v + K_o \sigma_v}{2} \right)} = \frac{1 - K_o}{1 + K_o}$$

$$\therefore \frac{q}{p} = \frac{1 - K_o}{1 + K_o} = \frac{1 - \frac{1}{3}}{1 + \frac{1}{3}} = \frac{1}{2}$$