토질역학
-탈탈토목-

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

1. [출제의도] 점토의 일반적인 특성 파악하기

① 흙이 소성상태를 보이는 것은 점토 입자 인근의 흡착수 때문이다. 따라서 점토의 비율이 증가하면 흙의 소성성이 상승하고 소성지수도 증가한다.

② 액성지수(LI)는 다음과 같이 계산된다.

$$LI = \frac{w - PL}{LL - PL}$$

액성지수(LI)가 1보다 큰 흙을 예민한 흙으로 분류하는데 이는 w가 LL보다 크다는 것과 같은 의미이다.

$$(\because \frac{w-PL}{LL-PL} > 1 \Rightarrow w - PL > LL - PL \Rightarrow w > LL)$$

③ 함수비(w)는 다음과 같이 계산된다.

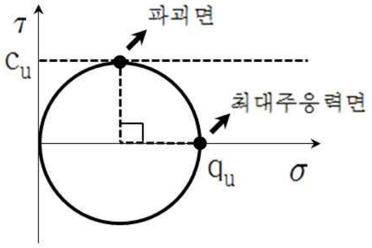
$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

따라서, 흙에 포함된 물의 무게(W_w)가 흙 입자 무게(W_s)보다 크기만 하면 100%를 초과할 수 있다.

④ 점토의 액성한계란 표준액성한계 시험기구를 이용하여 측정된 흙의 함수비를 의미한다. 함수비가 100%를 초과할 수 있으므로 액성한계 또한 100%를 초과할 수 있다.

2. [출제의도] 포화 점토시료의 일축압축시험 이해하기

일축 압축시험에 대한 모어원을 그리면 다음과 같다.



① 모어원에서 최대주응력면과 파괴면이 이루는 각도가 90°이므로 실제 각도는 $\frac{90^\circ}{2} = 45^\circ$이다.

② 최대 주응력의 크기는 일축압축강도(q_u)와 같다.

③ 모어원의 반경은 점착력의 크기(c_u)와 같다.

④ 일축압축시험은 구속압력이 '0'인 비압밀 비배수 시험결과와 이론상 동일하다. 단, 실제 측정결과는 일축압축시험의 강도가 삼축압축시험의 결과보다 작게 측정되는데 이는 일축압축시험시 시료가 완전히 포화되지 않은 경우가 많기 때문이다.

3. [출제의도] 무한사면의 안전율 계산하기

무한사면 안전율은 매우 빈번하게 출제되는 문제로 다음과 같은 일반식의 암기가 필요하다.

$$FS = \frac{\gamma H \cos^2\beta \tan\phi + c}{\gamma H \cos\beta \sin\beta}$$

< A > : 지하수위가 지표면과 일치하는 경우

지하수위가 지표면과 일치하는 무한사면의 경우 안전율은 다음과 같다. 단, 사질토 지반이므로 $c = 0$ 이다.

$$FS_A = \frac{\gamma' H \cos^2\beta \tan\phi + c}{\gamma_{sat} H \cos\beta \sin\beta}$$
$$= \frac{(20 - 10\text{kN/m}^3)(2\text{m})(\cos^2 20^\circ)(\tan 30^\circ)}{(20\text{kN/m}^3)(2\text{m})(\cos 20^\circ)(\sin 20^\circ)}$$
$$= \frac{10\text{kN/m}^3}{20\text{kN/m}^3} \times \frac{\tan 30^\circ}{\tan 20^\circ}$$

< B > : 사면이 완전히 물속에 잠긴 경우

사면이 완전히 물속에 잠긴 무한사면의 경우 안전율은 다음과 같다. 단, 사질토 지반이므로 $c = 0$ 이다.

$$FS_B = \frac{\gamma' H \cos^2\beta \tan\phi + c}{\gamma' H \cos\beta \sin\beta}$$
$$= \frac{(20 - 10\text{kN/m}^3)(2\text{m})(\cos^2 20^\circ)(\tan 30^\circ)}{(20 - 10\text{kN/m}^3)(2\text{m})(\cos 20^\circ)(\sin 20^\circ)}$$
$$= \frac{10\text{kN/m}^3}{10\text{kN/m}^3} \times \frac{\tan 30^\circ}{\tan 20^\circ}$$

$$\therefore \frac{FS_B}{FS_A} = 2$$

4. [출제의도] 깊은 기초의 일반적인 특성 파악하기

① 부주면마찰력이란 말뚝 주변 지반의 침하량이 말뚝의 침하량보다 커서 흙의 말뚝을 밑으로 끌고 내려갈 때 발생한다.

② 군말뚝은 단일말뚝의 집합이다. 말뚝(깊은기초)의 지반 파괴형상은 관입전단 파괴로 단일말뚝을 인접하여 설치할 경우 선단지지력에는 큰 영향을 주지 않지만, 말뚝의 등압선 영향권 이내에 다른 단일 말뚝이 위치하게 되므로 간섭이 발생하여 개별 말뚝의 주면마찰력을 감소시키는 원인이 된다. 따라서 단일말뚝의 지지력을 합한 값($\sum Q_{개별}$)보다 군말뚝의 지지력($Q_{군}$)은 감소하게 되며 이를 다음과 같은 효율(η)로 표현한다.

$$\eta = \frac{Q_{군}}{\sum Q_{개별}} < 1$$

③ 모래지반에서 말뚝의 주면마찰력은 근입깊이가 증가함에 따라 선형적으로 증가한다. 단 일정한 깊이 넘어에서는 일정해진다.

$$Q_s = \int f\,pdz = \int (K\sigma' \tan\delta) pdz$$

<K : 토압계수 σ' : 유효응력 δ : 흙와 기초의 마찰각 p : 둘레길이>

④ 모래지반에서 타입말뚝은 말뚝 타설시 흙이 밀리게 되므로 다짐효과 발생하여 매입말뚝이나 현장타설말뚝보다 주면마찰력이 증가하게 된다.

5. [출제의도] 시간계수와 평균압밀도의 관계 이해하기

시간계수는 아래와 같고, 토질역학에서는 평균압밀도 50%, 90% 일 때 시간계수값 0.197, 0.848을 암기하여 이용하나 해당 문제에서는 0.2, 0.8로 주어졌다. 점토지반의 두께가 주어지지 않았으므로 H로 가정하여 풀이하고, 동일한 지반조건이라고 하였으므로 압밀계수 C_v는 동일하다.

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

1) 지반 A : 2면 배수 조건 $H_{dr} = \frac{H}{2}$

$$0.2 = \frac{C_v t_a}{(\frac{H}{2})^2} = \frac{4C_v t_a}{H^2} \ldots ①$$

2) 지반 B : 1면 배수 조건 $H_{dr} = H$

$$0.8 = \frac{C_v t_b}{(H)^2} = \frac{C_v t_b}{H^2} \ldots ②$$

② = 4 × ① ;

$$\therefore \frac{t_B}{t_A} = 16$$

6. [출제의도] 무한 등분포하중의 특성과 과잉간극수압, 압밀도의 관계 파악하기

지표에 무한등분포하중이 작용할 경우 지중의 모든 점에서는 무한등분포하중과 동일한 크기로 지중응력이 증가하게 된다. 이러한 지중응력 증가분은 하중재하 직후 물이 과잉간극수압으로 부담하게 되므로 재하 직후 A, B점의 과잉간극수압은 $20kN/m^2$ 으로 동일하다.

따라서 초기 과잉간극수압 $u_o = 20kN/m^2$ 이고 5년후 A, B점의 과잉간극수압은 $u_1 = 5kN/m^2$ 으로 관측되었으므로 평균압밀도는 다음과 같이 계산한다.

$$\therefore U = \frac{u_o - u_1}{u_o} = \frac{20kN/m^2 - 5kN/m^2}{20kN/m^2} = 0.75$$

7. [출제의도] Rankine, Coulomb 토압 이론 이해하기

① 해당 보기는 Rankine 토압이론에서 주동토압에 대한 설명이다. Coulomb 토압이론에서는 주동토압과 수동토압 모두 흙쐐기의 힘 평형을 이용하여 계산한다.

② 옳은 보기이다.

③ 논란의 여지가 있는 보기이다. Coulomb 토압이론에서도 도해법(작도법)을 이용할 경우 점착력을 고려할 수도 있다. 그러나 수험생의 입장에서는 고려할 수 없다고 알아둔 뒤 다시 문제에 출제된다면 다른 보기와의 우열을 비교하여 선택하도록 하자.

④ Coulomb 수동토압은 배면 파괴면을 직선으로 가정하므로 수동토압을 과대평가하여 불안전측 설계가 된다. 따라서 적절한 보정이 필요하다.

8. [출제의도] Rankine의 토압이론을 이용하여 주동토압 계산하기

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

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times 20kN/m^3 \times (10m)^2 = \frac{1000}{3} kN/m$$

Rankine 주동토압 발생시 파괴각은 공식을 이용하여 계산한다.

$$\theta = 45^\circ + \frac{\phi}{2} = 45^\circ + \frac{30^\circ}{2} = 60^\circ$$

$$\therefore P_a = \frac{1000}{3} kN/m,\ \theta = 60^\circ$$

9. [출제의도] 유선망 해석하기

간극수압을 계산하기 위해서는 압력수두가 필요하다. 흙에서 압력수두는 바로 알 수 없고 전수두에서 위치수두를 차감하는 방식으로 계산할 수 있다. 유선망에서는 하류 자유수면을 기준면으로 선정하는 것이 해석에 유리하다.

$N_d = 6$ 이고 상, 하류의 전수두 차이 $\Delta H = 3m$ 이다.

A 점 전수두 = $\frac{\Delta H}{N_d} \times 1 = \frac{3m}{6} \times 1 = 0.5m$

A 점 위치수두 = $-6m$ (∵ 하류 자유수면 기준)

A 점 압력수두 = 전수두 - 위치수두 = $0.5m - (-6m) = 6.5m$

$$\therefore u_A = 압력수두 \times \gamma_w = 6.5m \times 1t/m^3 = 6.5t/m^2$$

10. [출제의도] 직접전단시험 결과 해석하기

직접전단시험은 연직응력을 변화시키면서 연직응력에 대응하는 최대전단응력을 측정하고 이를 이용하여 토질정수 c, ϕ를 측정하는 실내시험을 의미한다.

전단강도를 계산하는 식은 다음과 같다.
$\tau_f = \sigma' \tan\phi + c'$
위 식을 이용하여 각각의 연직응력에 대해 표현하면 다음과 같다.
$170\text{kPa} = 300\text{kPa} \times \tan\phi' + c'$.....①
$120\text{kPa} = 200\text{kPa} \times \tan\phi' + c'$.....②
$70\text{kPa} = 100\text{kPa} \times \tan\phi' + c'$.....③

① - ② ;
$50\text{kPa} = 100\text{kPa} \times \tan\phi'$
$\Rightarrow \tan\phi' = \dfrac{50\text{kPa}}{100\text{kPa}} = \dfrac{1}{2}$
$\therefore \phi' = 27^\circ \ (\because \tan 27^\circ = 0.5)$

계산된 ϕ'을 다시 ①식에 대입한다.
$170\text{kPa} = 300\text{kPa} \times \tan 27^\circ + c' = 300\text{kPa} \times \dfrac{1}{2} + c'$
$\therefore c' = 20\text{KPa}$

11. [출제의도] Terzaghi 1차원 압밀이론에 이용된 가정 파악하기

Terzaghi 1차원 압밀이론에 이용된 가정들을 암기해야 한다.
- 흙은 균질하고 균등하다.
- 흙은 완전히 포화되어 있다.
- 흙 입자와 물은 비압축성이다.
- 물은 연직 방향으로 흐르며 물이 흐르는 방향으로 압밀이 발생한다.
- Darcy의 법칙을 따른다.
- 미소변위 이론을 따른다.
- 투수계수는 일정하다.

12. [출제의도] Rankine 토압 이론을 이용하여 주동토압 계산하기

옹벽 뒷채움 흙이 물에 침수되었으므로 흙의 수평토압과 물의 수압을 나누어 계산한다.

1) 흙의 수평토압

$\gamma_{sat} = \dfrac{(G_S + e)}{1+e}\gamma_w = \dfrac{2.6+1}{1+1} \times 1\text{t/m}^3 = 1.8\text{t/m}^3$

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

$\sigma_a = K_a \gamma' z - 2c\sqrt{K_a} = K_a \gamma' z \ (\therefore c = 0)$

$P_1 = \dfrac{1}{2} K_a \gamma' H^2 = \dfrac{1}{2}(\dfrac{1}{3})(1.8 - 1\text{t/m}^3)(6\text{m})^2 = 4.8\text{t/m}$

2) 수압

$\sigma_w = \gamma_w z$

$P_2 = \dfrac{1}{2}\gamma_w H^2 = \dfrac{1}{2}(1\text{t/m}^3)(6\text{m})^2 = 18\text{t/m}$

흙의 수평응력과 수압 모두 삼각 분포 하중이므로 작용점은 하단으로부터 $\dfrac{1}{3}$ 지점에 위치한다.

$\therefore P_a = P_1 + P_2 = 4.8\text{t/m} + 18\text{t/m} = 22.8\text{t/m}$

$y = \dfrac{1}{3} \times 6\text{m} = 2\text{m}$

13. [출제의도] 다양한 사면에 대한 안전율 이해하기

① 무한사면의 안전율에 대한 일반식은 다음과 같다.

$$FS = \frac{\gamma H \cos^2\beta \tan\phi + c}{\gamma H \cos\beta \sin\beta}$$

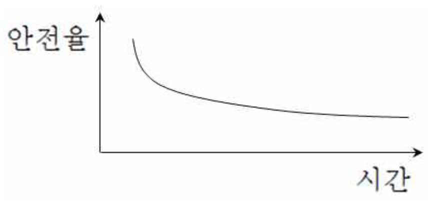
점착력 $c = 0$ 이라면 안전율은 다음과 같다.

$$FS = \frac{\gamma H \cos^2\beta \tan\phi + 0}{\gamma H \cos\beta \sin\beta} = \frac{\gamma}{\gamma} \times \frac{\tan\phi}{\tan\beta}$$

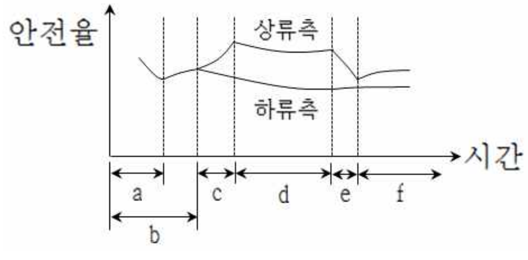
안전율을 보면 사면의 깊이(H)에 무관하다.
단, 안전율 계산 시 분모, 분자의 γ는 사면 조건에 따라 다르다.

	건조, 습윤 사면	수중 사면	물이 사면을 따라 흐르는 경우
분자 γ	γ_d or γ_t	γ'	γ'
분모 γ	γ_d or γ_t	γ'	γ_{sat}

② 점토 사면의 절취시 시간에 따른 안전율은 다음과 같다.



점토 사면 절취시 안전율은 시간이 지남에 따라 점차 감소한다.
③ 흙댐의 안전율은 다음과 같다.



a : 시공기간 b : 간극수압 소산 c : 담수
d : 만수위 e : 수위 급강하 f : 댐 수위 저하

정상침투는 만수위시 발생하며 이때 하류측 안전율이 상류측 안전율 보다 낮다.

④ 사면의 파괴형상은 크게 선단파괴, 사면원 파괴, 중점원 파괴 형상으로 구분할 수 있다. 사면의 기울기가 커진다면 선단파괴의 가능성이 크며 기울기가 $\beta > 53^\circ$ 이라면 선단파괴로 간주한다.

14. [출제의도] 액상화 현상 이해하기

사질토($c=0$)에서 지진 등 동하중에 의하여 지중의 수압이 급하게 증가할 경우 흙의 유효응력은 감소하게 된다. ($\because \sigma' = \sigma - u$) 일정 수압 이상으로 증가하게 되면 흙의 유효응력은 '0' 이 되고 이로 인해 전단강도를 상실하게 되어($\because \tau_f = \sigma' \tan\phi + c' = 0 + 0$) 흙이 마치 물과 같은 거동을 하게 되는데 이를 액상화 현상이라 한다.

① 사질토에서는 $c=0$ 이므로 동하중에 의한 수압이 상승하여 유효응력이 '0' 이 되면 전단강도를 상실하게 되나, 점성토에서는 유효응력이 '0' 이 되었다 하더라도 여전히 점착력 c가 남아있어 전단강도 $\tau_f = c$ 이므로 액상화 현상이 발생하지 않는다.

② 옳은 보기이다.

③ 진동삼축시험으로 액상화 현상을 검토하며 이때 흙은 비배수 상태로 진행한다.

④ 액상화 현상과 전혀 무관한 보기이다.

15. [출제의도] 점토지반의 주면마찰력 산정방법 파악하기

주면마찰력을 계산하는 방법은 다음과 같다.

$$Q_s = \int f P dz$$

<f : 단위면적당 주면마찰력 P : 주면 둘레 >

따라서 주면마찰력을 계산하기 위해서는 단위면적당 주면마찰력이 필요하며 점토지반에서 단위면적당 주면마찰력을 산정하는 방법에는 크게 3가지 방법이 있다.

1) α 방법

α 방법은 f를 α를 이용하여 표현하며 α는 c_u에 대한 함수이다.

$$f = \alpha c_u$$

2) β 방법

$$f = \beta\sigma' = (K\tan\phi_r)\sigma'$$

K ;

At N.C $K = 1 - \sin\phi_r$

At O.C $K = (1 - \sin\phi_r)\sqrt{OCR}$

<ϕ_r : 말뚝 타설시 흙의 교란 후 점토가 회복되었을 때 마찰각>

3) λ 방법

λ 방법은 f를 다음과 같이 계산한다. 단, λ는 말뚝 길이에 대한 함수이다.

$$f = \lambda(\bar{\sigma}' + 2\bar{c})$$

<$\bar{\sigma}'$: 평균 유효응력 $\bar{c}$: 평균 점착력>

∴ 토압계수(K)를 이용하여 점토의 주면마찰력을 산정하는 방법은 β 방법이다.

16. [출제의도] 모세관 현상 발생시 흙의 유효응력 산정하기

유효응력은 전응력에서 수압을 차감하는 방식으로 계산한다. A점의 전응력을 계산하기 위해 모세관 상승지역 흙의 단위중량을 계산하여 이용한다.

$$\gamma = \frac{(G_s + Se)\gamma_w}{1+e} = \frac{(2.6 + 0.5 \times 0.4)}{1+0.4} \times 10kN/m^3 = 20kN/m^3$$

$$\sigma_A = (20kN/m^3 \times 2m) + (20kN/m^3 \times 4m) = 120kN/m^2$$

지하수위로부터 모세관이 2m 상승하였지만 A점의 정수압은 영향을 받지 않는다.

$$u_A = \gamma_w \times z = 10kN/m^3 \times 4m = 40kN/m^2$$

$$\therefore \sigma'_A = \sigma_A - u_A = 120kN/m^2 - 40kN/m^2 = 80kN/m^2$$

17. [출제의도] 필터재료로 사용되는 흙의 입경 파악하기

흙댐의 필터재료로 이용하기 위해서는 흙이 유실되지 않을 정도로 필터의 크기가 작아야 하는 반면 과잉간극수압이 생성되지 않을 정도로 필터의 크기가 커야 한다. 이러한 조건은 흙 입자(D_s)와 필터 직경(D_f)의 통과백분율을 이용하여 표현한다.

$\frac{(D_{15})_f}{(D_{85})_s} < 5$: 흙의 유실방지 조건

$4 < \frac{(D_{15})_f}{(D_{15})_s} < 20$: 흙의 유실방지, 간극수압 발생x 조건

$\frac{(D_{50})_f}{(D_{50})_s} < 25$: 흙의 유실방지 조건

식에 집중할 필요는 없고 D_{15}, D_{50}, D_{85}가 이용된다는 사실만 알아둔다.

18. [출제의도] K_O-line 과 K_f-line 해석하기

1) K_o-line

K_o-line 이란 수직응력과 수평응력이 정지토압계수의 관계에 있을 때 응력 경로를 의미한다.

$$\phi' = 30^\circ \Rightarrow K_o = 1 - \sin\phi = 1 - \sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\sigma'_{vo} = 20kN/m^3 \times 10m = 200kN/m^2$$

$$\sigma'_{ho} = \sigma'_{vo} \times K_o = 200\text{kN/m}^2 \times \frac{1}{2} = 100\text{kN/m}^2$$

$$p = \frac{\sigma'_{vo} + \sigma'_{ho}}{2} = \frac{200+100}{2} = 150$$

$$q = \frac{\sigma'_{vo} - \sigma'_{ho}}{2} = \frac{200-100}{2} = 50$$

2) K_f−line

K_f-line 은 모어원이 파괴포락선에 접할 경우 응력경로를 의미한다. K_f-line 은 파괴가 발생한 경우이므로 기하학적으로 해석하면 다음과 같다. 단, A점에서 B점으로 응력경로가 이동하므로 흙의 구속압력은 초기응력 $\sigma_3{}' = \sigma'_{ho} = 100\text{kN/m}^2$ 으로 동일하다.

$$\sin\phi' = \frac{\frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2}}{\frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} + c'\cot\phi'} = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{\sigma'_1 + \sigma'_3} = \frac{\sigma'_1 - 100}{\sigma'_1 + 100} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \sigma'_1 = 300\text{kN/m}^2$$

$$p = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} = \frac{300+100}{2} = 200$$

$$q = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} = \frac{300-100}{2} = 100$$

19. [출제의도] 흙의 다짐에 대한 일반적인 특성 이해하기

① 함수비(w)는 다음과 같다.

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

<W_w : 물의 무게, W_s : 흙 입자의 무게>

② 영공기곡선은 모든 공기가 제거된 경우로 포화도는 100% 이며 항상 다짐곡선의 우-상향에 위치하고 다짐곡선과 만날 수 없다.

③, ④ 수화→윤활→팽창→포화 단계 순이며 최적함수비는 윤활 단계에서 나타난다. 이 외는 깊게 공부할 필요가 적어 보인다.

20. [출제의도] 평판재하시험 결과를 이용하여 기초의 극한 지지력 계산하기

$\phi = 0 \Rightarrow N_c = 5.14,\ N_q = 1,\ N_\gamma = 0$

1) 평판재하시험 결과 해석하기

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

(∵ 평판재하시험 $D_f = 0 \Rightarrow q = 0,\ \phi = 0 \Rightarrow N_\gamma = 0$)

$$q_u = cN_c = 100\text{kN/m}^2$$

2) 얕은 기초 극한지지력 산정

$$\therefore\ q_u = cN_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN_\gamma$$

$$= 100\text{kN/m}^2 + (20 - 10\text{kN/m}^3)(2\text{m})(1) + 0$$

$$= 120\text{kN/m}^2$$