

Homework #9

토질역학 교재 CHAPTER 4 연습문제

4.1 어떤 흙에 대한 배수삼축압축시험으로부터 다음과 같은 결과를 얻었다. (모아 원 이용)

유효 구속압 ($\overline{\sigma_3} = \overline{\sigma_c}$)	70 kPa	90 kPa
파괴시의 축차응력 ($\nabla \overline{\sigma_1}$)	440.4 kPa	474.7 kPa

- (1) 점착력 \bar{c} 과 내부마찰각 $\bar{\phi}$ 을 구하라.
- (2) 수평면에 대한 파괴면의 기울기를 구하라.

4.2 어떤 흙에 대한 배수 삼축압축시험으로부터 다음과 같은 결과를 얻었다. p-q diagram 을 이용하여 점착력 c' 과 내부마찰각 ϕ' 을 구하라.

유효 구속압 ($\overline{\sigma_3} = \overline{\sigma_c}$)	70 kPa	90 kPa
파괴시의 축차응력 ($\nabla \overline{\sigma_1}$)	440.4 kPa	474.7 kPa

4.3 모래에 대한 삼축압축시험에서 아래와 같은 결과를 얻었다. 이 모래의 강도정수를 구하라.

단위 : kPa

등방압력 ($\sigma_3 = \sigma_c$)	수직방향응력 (σ_1)
103	524
207	1020
414	2151
827	4171

4.4 정규압밀점토에 대해 간극수압을 측정하면서 압밀 비배수 삼축압축시험을 실시하여 얻은 결과이다. 유효강도정수를 구하라.

단위 : kPa

구속압력	100
파괴시의 수직방향 전응력	204
파괴시의 발생간극수압	50

- 4.5 포화된 점토 시료에 대해서 압밀배수 삼축시험을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 이 점토 시료의 유효강도정수를 구하라.

Test no.	σ_1 (kPa)	σ_3 (kPa)
1	590.2	237.2
2	872.2	369
3	1062	455
4	1710	772

- 4.6 포화된 점토 시료에 대하여 비압밀 비배수 시험을 실시하여 아래와 같은 결과를 얻었다. 포화된 점토 시료의 강도 정수를 구하라.

단위 : kPa

조건	test 1	test 2	test 3
구속압력 σ_c	50	100	200
파괴상태에서의 수직방향 전응력 σ_1 (at failure)	238	320	396

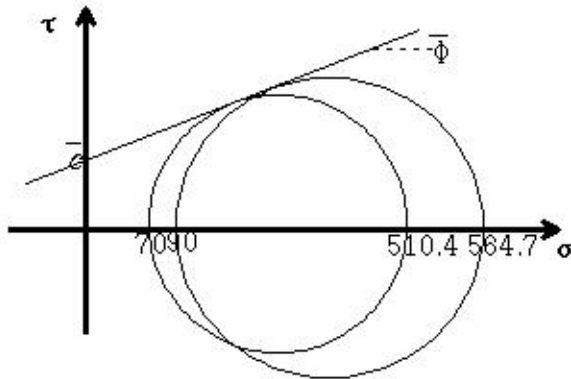
Homework #9 모범답안

토질역학 교재 CHAPTER 4 연습문제 풀이

4.1 어떤 흙에 대한 배수삼축압축시험으로부터 다음과 같은 결과를 얻었다. (모아 원 이용)

유효 구속압 ($\bar{\sigma}_3 = \bar{\sigma}_c$)	70 kPa	90 kPa
파괴시의 축차응력 ($\nabla \bar{\sigma}_1$)	440.4 kPa	474.7 kPa

(1) 점착력 \bar{c} 과 내부마찰각 $\bar{\phi}$ 을 구하라.



첫 번째 시험의 축방향 주응력 $\sigma'_1 = 70 \text{ kPa} + 440.4 \text{ kPa} = 510.4 \text{ kPa}$

첫 번째 시험의 Mohr원의 중심 = $\frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} = 70 \text{ kPa} + \frac{440.4 \text{ kPa}}{2} = 290.2 \text{ kPa}$

첫 번째 시험의 Mohr원의 반지름 = $\frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} = \frac{440.4 \text{ kPa}}{2} = 220.2 \text{ kPa}$

두 번째 시험의 축방향 주응력 $\sigma'_1 = 90 \text{ kPa} + 474.7 \text{ kPa} = 564.7 \text{ kPa}$

두 번째 시험의 Mohr원의 중심 = $\frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} = 90 \text{ kPa} + \frac{474.7 \text{ kPa}}{2} = 327.35 \text{ kPa}$

두 번째 시험의 Mohr원의 반지름 = $\frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} = \frac{474.7 \text{ kPa}}{2} = 237.35 \text{ kPa}$

첫 번째 모어원(중심 290.2, 반지름 220.2), 두 번째 모어원(중심 327.35, 반지름 237.35)

두원의 공통접선의 방정식을 $y = ax + b$ 라고 하면, 점과 직선사이의 거리공식을 이용하여 다음과 같은 식을 세울 수 있다.

$$\frac{290.2a + c}{\sqrt{a^2 + 1}} = 220.2 \quad \frac{327.35a + c}{\sqrt{a^2 + 1}} = 237.35 \quad \text{두 식을 연립하면}$$

$a = 0.5204, b = 97.213$ 따라서 $\bar{\phi} = \tan^{-1} a = 27.49^\circ, \bar{c} = 97.213$

(2) 수평면에 대한 파괴면의 기울기를 구하라.

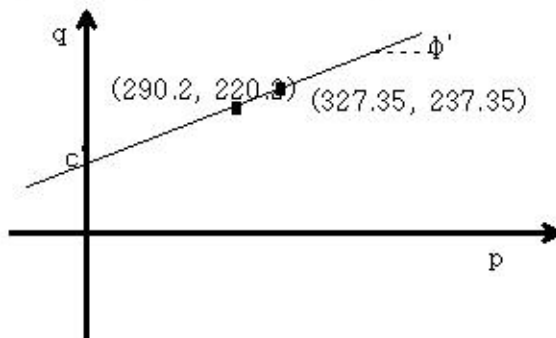
$$2\theta = 90^\circ + \phi' \text{이므로 } \theta = \frac{90^\circ + \phi'}{2} = \frac{90^\circ + 27.49^\circ}{2} = 58.745^\circ$$

4.2 어떤 흙에 대한 배수 삼축압축 시험으로부터 다음과 같은 결과를 얻었다. p - q diagram을 이용하여 점착력 c' 과 내부마찰각 ϕ' 을 구하라.

유효 구속압 ($\overline{\sigma_3} = \overline{\sigma_c}$)	70 kPa	90 kPa
파괴시의 축차응력 ($\nabla \overline{\sigma_{1f}}$)	440.4 kPa	474.7 kPa
$\overline{\sigma_1}$	510.4 kPa	564.7 kPa

$$\text{파괴시에 } p'_{f'} = \frac{\sigma'_{1f} + \sigma'_{3f}}{2}, \quad q'_{f'} = \frac{\sigma'_{1f} - \sigma'_{3f}}{2}$$

$p'_{f'}$	290.2 kPa	327.35 kPa
$q'_{f'}$	220.2 kPa	237.35 kPa



위의 그림에서 $q' = 0.4616p' + 86.2315$

관계 곡선의 기울기 : $\sin\phi' = 0.4616$

관계 곡선의 y절편 : $c' \cos\phi' = 86.2315$

$\phi' = 27.49^\circ, c' = \frac{86.2315}{\cos 27.49^\circ} \approx 97.2 \text{ kPa}$ 이다.

4.3 모래에 대한 삼축압축시험에서 아래와 같은 결과를 얻었다. 이 모래의 강도정수를 구하라.

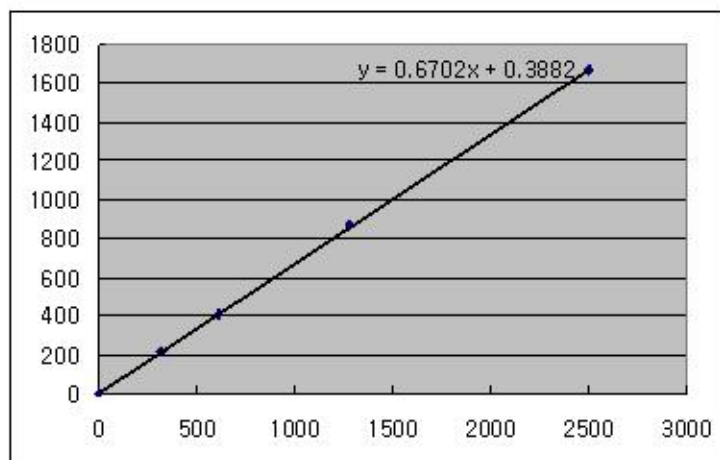
단위 : kPa

등방압력 ($\sigma_3 = \sigma_c$)	수직방향응력 (σ_1)
103	524
207	1020
414	2151
827	4171

모래이므로 점착력 $c=0$

$$p = \frac{(\sigma_1)_f + \sigma_3}{2}, q = \frac{(\sigma_1)_f - \sigma_3}{2}$$

p	q
313.5	210.5
613.5	406.5
1282.5	868.5
2499	1672



주어진 직선은 $q = 0.6702p + 0.3882$ 이다.

$$\tan \alpha = 0.6702 = \sin \phi$$

$$\phi = \sin^{-1} 0.6702 = 42.083^\circ$$

4.4 정규압밀점토에 대해 간극수압을 측정하면서 압밀 비배수 삼축압축시험을 실시하여 얻은 결과이다. 유효강도정수를 구하라.

단위 : kPa

구속압력	100
파괴시의 수직방향 전응력	204
파괴시의 발생간극수압	50

정규압밀성점토이므로 $c=0$ 이다.

$$\text{파괴시 } \sigma'_{1f} = 204 - 50 = 154 \text{ (kPa)}$$

$$\text{파괴시 } \sigma'_{3f} = 100 - 50 = 50 \text{ (kPa)}$$

$$\frac{\sigma'_{1f} + \sigma'_{3f}}{2} = \frac{154 \text{ kPa} + 50 \text{ kPa}}{2} = 102 \text{ kPa}$$

$$\frac{\sigma'_{1f} - \sigma'_{3f}}{2} = \frac{154 \text{ kPa} - 50 \text{ kPa}}{2} = 52 \text{ kPa}$$

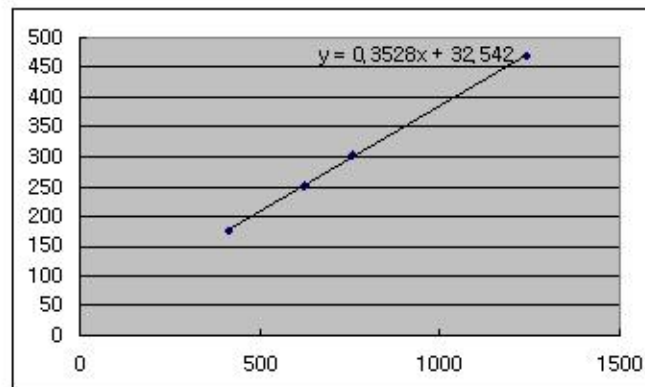
$$\phi = \sin^{-1}(\tan \alpha) = \sin^{-1} \frac{52}{102} = 30.65^\circ$$

4.5 포화된 점토 시료에 대해서 압밀배수 삼축시험을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 이 점토 시료의 유효강도정수를 구하라.

Test no.	σ_1 (kPa)	σ_3 (kPa)
1	590.2	237.2
2	872.2	369
3	1062	455
4	1710	772

$p = \frac{(\sigma_1)_f + \sigma_3}{2}$, $q = \frac{(\sigma_1)_f - \sigma_3}{2}$ 를 이용하여 p와 q를 구하면

p	q
413.7	176.5
620.6	251.6
758.5	303.5
1241	469



직선 형태로 회귀시켜보면 $q = 0.3528p + 32.542$

$$\tan \alpha = 0.3528 = \sin \phi$$

$$\phi = \sin^{-1} 0.3528 = 20.6587^\circ$$

$$c = \frac{b}{\cos \phi} = \frac{32.542}{\cos 20.66^\circ} = 34.78 \text{ kPa} \text{ 이다.}$$

4.6 포화된 점토 시료에 대하여 비압밀 비배수 시험을 실시하여 아래와 같은 결과를 얻었다. 포화된 점토 시료의 강도 정수를 구하라.

단위 : kPa

조 건	test 1	test 2	test 3
구속압력 σ_c	50	100	200
파괴상태에서의 수직방향 전응력 σ_1 (at failure)	238	320	396

조건	test1	test2	test3
$c_u = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$	94	110	98

비압밀비배수의 경우 과잉간극수압 때문에 초기의 유효응력상태가 변하지 않는다.
따라서 그래프의 기울기는 0이 되고, 세 번의 실험에 의해 나온 값들의 평균을 구해보면

$$\frac{94 + 110 + 98}{3} = 100.67 \quad \phi = 0^\circ, \quad c_u = 100.67 \text{ kPa}$$

