

**Homework #11**

**토질역학 교재 CHAPTER 5 연습문제**

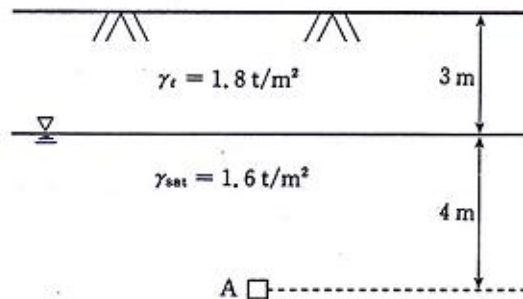
5.1 압밀시험을 실시하여 얻은 하중과 간극비의 관계가 다음과 같을 때, 하중과 간극비의 관계곡선을 그리고 압축지수  $C_c$ 와 선형압밀하중  $\bar{p}_c$ 를 구하라

압밀하중( $kg/cm^2$ )	0	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2
간극비	2.11	2.08	1.99	1.85	1.61	1.35	1.11

5.2 점토시료를 가지고 압밀시험을 하여 시료가 50% 압밀되는 데 20분 걸렸다. 시료두께가 2cm일 때 다음 물음에 답하라.

- ① 이 시료의 압밀계수를 구하라.
- ② 현장에서 3m 두께의 점토층이 90% 압밀되는 데 소요되는 시간을 구하라(단, 현장의 점토층은 양면배수 상태이다).

5.3 아래 그림과 같은 점토지반의 A지점에서 비교란시료를 채취하여 압밀시험을 한 결과, 선형압밀하중이  $10.5t/m^2$ 로 나타났다. 이 때 점토지반의 OCR를 계산하라.

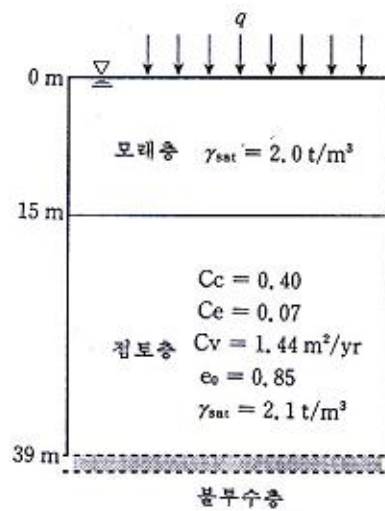


5.4 암반 위에 있는 두께 30m의 정규압밀 점토층 상단에 건물을 세우고자 한다. 이 건물로 인하여 평균 유효 응력이  $8.06 t/m^2$ 에서  $15.13 t/m^2$ 로 증가하였다. 그리고 이 점토층에서 비교란 시료를 채취하여 압밀실험한 결과 다음과 같다.

평균 유효 응력	간극비
$\bar{\sigma}_1 = 8.06 t/m^2$	$e_1 = 0.895$
$\bar{\sigma}_2 = 20.02 t/m^2$	$e_2 = 0.782$

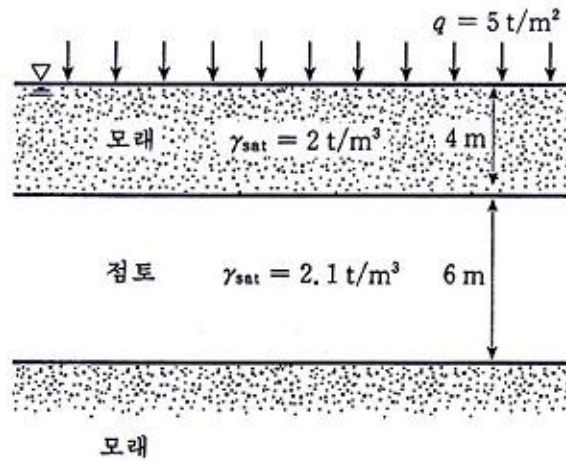
이 점토층의 평균 압밀계수는  $0.0025 \text{ cm}^2/\text{sec}$  이다. 점토층에 대하여 압밀시간에 따른 침하량을 계산하라.

5.5 아래와 같은 지층이 수천년 전에 빙하 작용을 받았다. 빙하작용으로 인하여 점토층은 각 깊이에 작용하는 현재의 유효상재하중  $\bar{p}_0$ 에서  $5.0 \text{ t/m}^2$ 만큼 추가된 선행압밀하중으로 과압밀되어있다. 만약 이 지층의 지표면에 단위중량  $1.8 \text{ t/m}^2$ 인 성토재료를 이용하여 높이  $3.6\text{m}$  제방을 축조하고자 할 때, 과압밀점토층에서 예상되는 압밀침하량을 결정하라.



5.6 아래와 같은 지층 내에 있는 이 점토지반을 압밀시키기 위하여 상부 모래층에 광범위하게 성토하중을 가하였다. 압밀계수가  $c_v = 0.002 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 이고 압축지수는 0.3이다. 또한 점토층은 정규압밀 상태이고,  $e_0 = 0.75$ 이다.

- ① 이 점토층이 90% 압밀되는 데 걸리는 시간을 구하라.
- ② 이 점토층이 50%와 90% 압밀되었을 때의 침하량을 구하라.
- ③ 이 점토층의 침하량이 7cm가 될 때까지 소요되는 시간을 구하라.



- 5.7 표준압밀시험에서 포화된 점성토시료( $G_s = 2.72$ )에 가해지는 연직하중이 107kPa에서 214kPa로 증가되었다. 이 과정에서 시간에 따라 측정된 다이얼 게이지 눈금값이 다음의 표와 같았다.  $\log t$ 법과  $\sqrt{t}$ 을 이용하여 압밀계수를 산정하라. 단, 1440분 후의 시료 두께는 15.3mm였다.

time(min)	reading(mm)	time(min)	reading(mm)
0	7.82	25	6.29
0.25	7.42	36	6.24
0.5	7.32	49	6.21
1	7.21	64	6.18
2.25	6.99	81	6.16
4	6.78	100	6.15
6.25	6.61	300	6.10
9	6.49	1440	6.02
16	6.37		

5.8 포화된 점성토 시료( $G_s=2.50$ )에 대한 압밀시험결과 압밀하중과 다이얼 게이지 읽음값 사이의 다음과 같은 관계를 얻었다. 시료의 초기 두께와 직경은 각각 20.0mm, 60mm 였으며, 시험 완료 후 측정된 함수비와 건조 중량은 45.8%, 53.72g로 나타났다. 예제 5.4에 제시된 두가지 방법으로 압밀응력( $p'$ )과 간극비( $e$ ) 사이의 관계를 구하고,  $e-\log p'$  곡선을 그려라.

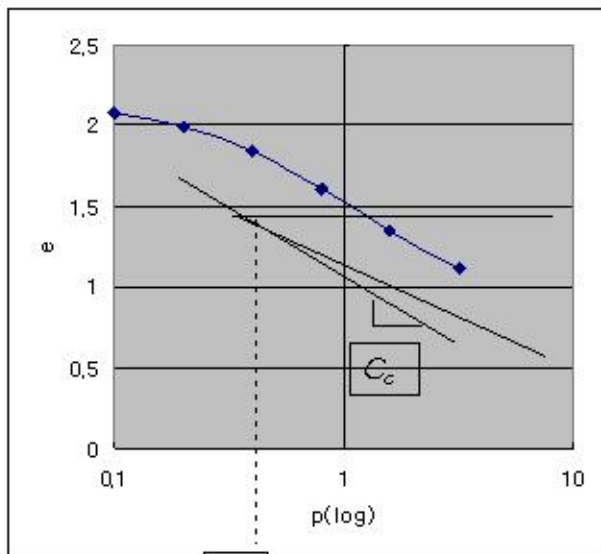
압밀응력(kg/cm <sup>2</sup> )	다이얼 게이지 읽음값 ( $\frac{1}{100}$ mm)
0	0
0.2	17.5
0.4	43.3
0.8	88.7
1.6	169.1
3.2	296.7
0.8	279.3
0.2	253.9
0.8	259.2
3.2	319.5
6.4	420.0
0	370.0

Homework #11 모범답안

## 토질역학 교재 CHAPTER 4 연습문제 풀이

5.1 압밀시험을 실시하여 얻은 하중과 간극비 관계가 다음과 같을 때, 하중과 간극비의 관계곡선을 그리고 압축지수  $C_c$  와 선형압밀하중  $\bar{p}_c$ 를 구하여라.

압밀하중(kg/cm <sup>2</sup> )	0	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2
간극비	2.11	2.08	1.99	1.85	1.61	1.35	1.11



하중이 0.8(kg/cm<sup>2</sup>)일 때부터 3.2(kg/cm<sup>2</sup>)일 때 까지는 거의 직선으로 볼 수 있으므로

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log \bar{p}} = \frac{\Delta e}{\log \frac{\bar{p}_0 + \Delta \bar{p}}{\bar{p}_0}} = \frac{1.61 - 1.11}{\log \frac{3.2}{0.8}} = 0.83$$

casagrande(1936)가 제안한 방법을 이용하여 구해주면

$$\bar{p}_c = 0.45 \text{ kg/cm}^2$$

5.2 점토시료를 가지고 압밀시험을 하여 시료가 50% 압밀되는 데 20분 걸렸다. 시료두께가 2cm 일 때 다음 물음에 답하라.

① 이 시료의 압밀계수를 구하라.

압밀시험이므로 양면 배수상태  $H = 1 \text{ cm}$

압밀도가 50%일 때의 시간계수 :  $T_v = 0.196$

$$C_v = \frac{0.196 H^2}{t} = \frac{0.196 \times 1^2}{20 \times 60} = 1.63 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{sec}$$

② 현장에서 3m 두께의 점토층이 90% 압밀되는 데 소요되는 시간을 구하라(단, 현장의 점토층은 양면배수 상태이다).

양면 배수상태이므로  $H=150cm$

압밀도가 90%일 때의 시간계수 :  $T_v = 0.848$

$$t = \frac{0.848H^2}{C_v} = \frac{0.848 \times 150^2}{1.633 \times 10^{-4}} = 116840171.5sec = 1352일$$

5.3 그림과 같은 점토지반의 A지점에서 비교란시료를 채취하여 압밀실험을 한 결과, 선형압밀하중이  $10.5t/m^2$ 로 나타났다. 이 때 점토지반의 OCR을 계산하라.

$$\text{과압밀비}(OCR) = \frac{\text{과거에 경험한 최대연직압력}}{\text{현 지반에서의 상재압력}} = \frac{10.5}{(1.8 \times 3) + (1.6 - 1) \times 4} = 1.35$$

5.4 암반 위에 있는 두께 30m의 정규압밀 점토층 상단에 건물을 세우고자 한다. 이 건물로 인하여 평균 유효 응력이  $8.06t/m^2$  에서  $15.13t/m^2$ 로 증가하였다. 그리고 이 점토층에서 비교란 시료를 채취하여 압밀실험한 결과가 다음과 같다.

평균 유효 응력	간극비
$\bar{\sigma}_1 = 8.06t/m^2$	$e_1 = 0.895$
$\bar{\sigma}_2 = 20.02t/m^2$	$e_2 = 0.782$

이 점토층의 평균 압밀계수는  $0.0025cm^2/sec$  이다. 점토층에 대하여 압밀시간에 따른 침하량을 계산하여라.

압밀계수 :  $C_v = 0.0025cm^2/sec$ ,

$$C_v = \frac{\Delta e}{\Delta \log \bar{p}} = \frac{0.895 - 0.782}{\log \frac{20.2}{8.06}} = 0.286$$

$$S = \frac{C_v}{1 + e_0} H \log \left( \frac{\bar{p}_0 + \Delta \bar{p}}{\bar{p}_0} \right) = \frac{0.286}{1 + 0.895} \times 30 \times \log \frac{15.13}{8.06} = 1.24m$$

$$\text{압밀시간(년)} : t = \frac{H^2 T_v}{C_v} = \frac{3000^2 T_v}{0.0025 \times (60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365)} = 114.2 T_v$$

시간에 따른 침하량 :  $S_t = 1.24 \times \text{압밀도}$

압밀도(U %)	시간계수( $T_v$ )	압밀시간(년)	압밀침하량(m)
		$114.2T_v$	$S_f = 1.24 \times U$
0	0	0	0
10	0.008	0.9136	0.124
20	0.031	3.5402	0.248
30	0.071	8.1082	0.372
40	0.126	14.3892	0.496
50	0.197	22.4974	0.620
60	0.287	32.7754	0.744
70	0.403	46.0226	0.868
80	0.567	64.7514	0.992
90	0.848	96.8416	1.116
100	$\infty$	$\infty$	1.240

5.5 아래와 같은 지층이 수천년 전에 빙하 작용을 받았다. 빙하작용으로 인하여 점토층은 각 깊이에 작용하는 현재의 유효상재하중  $\bar{p}_0$ 에서  $5.0t/m^2$  만큼 추가된 선행압밀하중으로 과압밀 되어있다. 만약 이 지층의 지표면에 단위중량  $1.8t/m^2$  인 성토재료를 이용하여 높이  $3.6m$  제방을 축조하고자 할 때, 과압밀 점토층에서 예상되는 압밀침하량을 결정하라.

$$\text{유효상재하중} : p_0 = (2.0 - 1) \times 15 + (2.1 - 1) \times ((39 - 15) \div 2) = 28.2t/m^2$$

$$\text{선행압밀하중} : p_c = p_0 + 5 = 28.2 + 5 = 33.2t/m^2$$

$$\Delta p = 1.8 \times 3.6 = 6.48t/m^2$$

$$p_0 + \Delta p = 28.2 + 6.48 = 34.68t/m^2$$

$(\bar{p}_0 + \Delta \bar{p}) > p_c$  이므로 침하량은

$$S = \frac{C_c H}{1 + e_0} \log\left(\frac{p_c}{p_0}\right) + \frac{C_c H}{1 + e_0} \log\left(\frac{\bar{p}_0 + \Delta \bar{p}}{p_c}\right)$$

$$= \frac{0.07 \times 24}{1 + 0.85} \log \frac{33.2}{28.2} + \frac{0.4 \times 24}{1 + 0.85} \log \frac{34.68}{33.2} = 0.1630131756$$

$$\therefore 0.163m = 163mm$$

5.6 아래와 같은 지층 내에 있는 이 점토지반을 압밀시키기 위하여 상부 모래층에 광범위하게 성토하중을 가하였다. 압밀계수가  $c_v = 0.002cm^2/sec$  이고 압축지수는 0.3이다. 또한 점토층은 정규압밀 상태이고,  $e_0 = 0.75$ 이다.

① 이 점토층의 90% 압밀되는 데 걸리는 시간을 구하라.

$$\text{압밀도 90\%에 대한 시간계수 } T_v = 0.848$$

$$\text{양면 배수이므로 } H = 3m = 300cm$$

$$t = \frac{T_v H^2}{C_v} = \frac{0.848 H^2}{C_v} = \frac{0.848 \times 300^2}{0.002} = 38160000sec$$

$$\therefore 38160000sec \div 3600 \div 24 = 441.6667 = 442일$$

② 이 점토층이 50%와 90% 압밀되었을 때의 침하량을 구하라.

$$\gamma_{sand} = \gamma_{sat} - \gamma_w = 2.1 - 1 = 1.1t/m^3$$

$$\gamma_{clay} = \gamma_{sat} - \gamma_w = 2 - 1 = 1t/m^3$$

$$\text{유효상재하중} : p_0 = 1 \times 4 + 1.1 \times 3 = 7.3t/m^2$$

$$\begin{aligned} \text{압밀 침하량은 } S &= \frac{C_c}{1+e_0} H \log\left(\frac{p_0 + \Delta p}{p_0}\right) = \frac{0.3}{1+0.75} \times 600 \times \log\frac{7.3+5}{7.3} \\ &= 23.30560299 = 23.3056cm \end{aligned}$$

$$50\% \text{ 압밀되었을 때의 침하량} : S_{t=50\%} = 23.3056 \times 0.5 = 11.6528 = 11.65cm$$

$$90\% \text{ 압밀되었을 때의 침하량} : S_{t=90\%} = 23.3056 \times 0.9 = 20.97504 = 20.98cm$$

③ 이 점토층의 침하량이 7cm가 될 때까지 소요되는 시간을 구하라.

$$S = 23.3056 \times x = 7cm$$

$$x = 30\%$$

$$\text{압밀도가 30%일 때의 시간계수} : T_v = 0.071$$

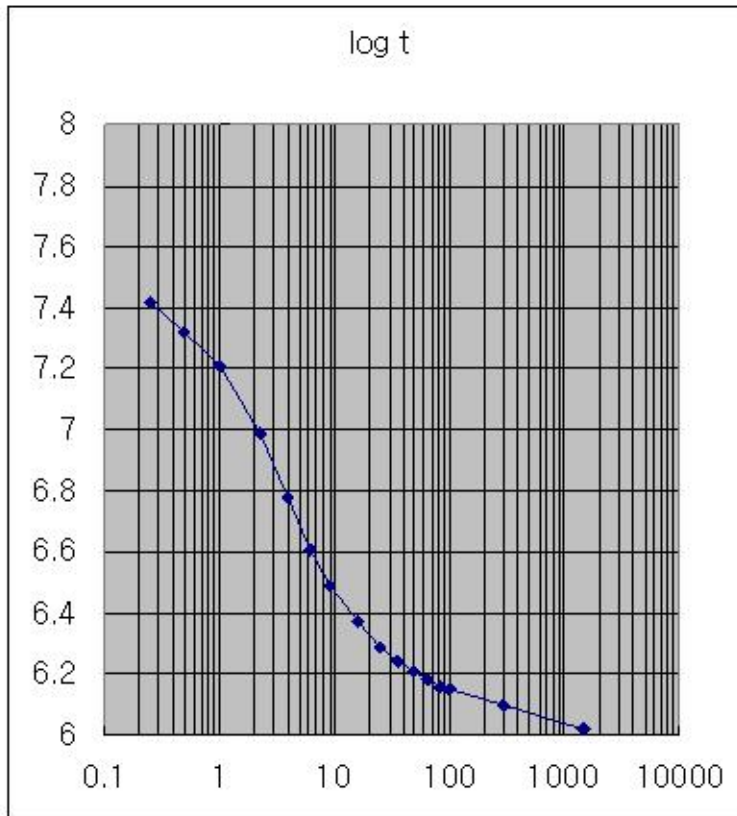
$$t = \frac{T_v H^2}{C_v} = \frac{0.071 H^2}{C_v} = \frac{0.071 \times 300^2}{0.002} = 3195000sec$$

$$\therefore 3195000sec \div 3600 \div 24 = 36.979167 = 37\text{일}$$

5.7 표준압밀시험에서 포화된 점성토시료( $G_s = 2.72$ )에 가해지는 연직하중이 107kPa에서 214kPa로 증가되었다. 이 과정에서 시간에 따라 측정된 다이얼 게이지 눈금값이 다음의 표와 같았다.  $\log t$  법과  $\sqrt{t}$  법을 이용하여 압밀계수를 산정하라. 단, 1440분 후의 시료 두께는 15.3mm였다.

time(min)	reading(mm)	time(min)	reading(mm)
0	7.82	25	6.29
0.25	7.42	36	6.24
0.5	7.32	49	6.21
1	7.21	64	6.18
2.25	6.99	81	6.16
4	6.78	100	6.15
6.25	6.61	300	6.10
9	6.49	1440	6.02
16	6.37		





①  $t_1$  을 1분일 때, 이때의 값은 7.21 mm, 따라서  $t_2$  는 4분일 때이므로 6.78 mm

따라서  $d_0$  는  $d_0 = (7.21 - 6.78) + 7.21 = 7.64mm$

위 그림으로부터  $d_{100}$  은 약 6.23 mm

따라서  $d_{60} = \frac{7.64 + 6.23}{2} = 6.935mm,$

이때의  $t_{60} = 2.6min$

② H는

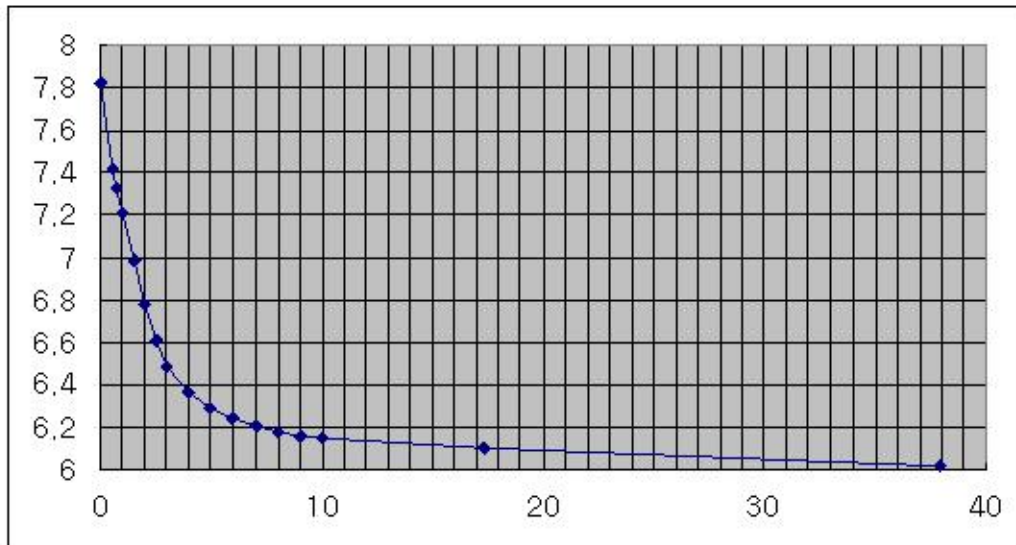
변형 전 :  $15.3 + (7.82 - 6.02) = 17.1mm$

변형 후 :  $15.3mm$

따라서 공시체의 높이는  $(17.1 + 15.3)/2 = 16.2mm$

또한 양면 배수 조건이므로  $H = 16.2/2 = 8.1mm$

③  $C_v = \frac{0.196H^2}{t_{60}} = \frac{0.196 \times (8.1 \times 10^{-3})^2}{2.6} \times (60 \times 24 \times 365) = 2.6m^2/year$



- 초기부분에 대한 접선의 기울기의 1/1.5 되는 기울기의 직선과  
 압밀곡선이 교차하는 점에서의 시간  $\sqrt{t_{90}} \cong 3.3$   $t_{90} = 10.89 \text{ min}$

$$C_v = \frac{0.848 H^2}{t_{90}} = \frac{0.848 \times (8.1 \times 10^{-3})^2}{10.89} \times (60 \times 24 \times 365) = 2.7 \text{ m}^2/\text{year}$$

5.8 포화된 점성토 시료( $G_s = 2.50$ )에 대한 압밀시험결과 압밀하중과 다이얼 게이지 읽음값 사이의 다음과 같은 관계를 얻었다. 시료의 초기 두께와 직경은 각각 20.0mm, 60mm였으며, 시험 완료 후 측정된 함수비와 건조 중량은 45.8%, 53.72g로 나타났다. 예제 5.4에 제시된 두가지 방법으로 압밀응력( $p'$ )과 간극비( $e$ ) 사이의 관계를 구하고,  $e$ - $\log p'$  곡선을 그려라.

① 최종함수비를 이용하는 방법

최종함수비  $w_1 = 45.8\%$ , 최종 상태에서의 포화도 = 100%

$$S_e = G_s w \quad 100 \times e_1 = 2.5 \times 45.8$$

$$e_1 = 1.145 \frac{\text{TRIANGLE } e}{\text{TRIANGLE } H} = \frac{1 + e_0}{H_0}$$

최종상태에서  $\Delta H = 3.7 \text{ mm}$

$$\Delta e_{at \text{ final}} = e_0 - e_1 = e_0 - 1.145$$

$$\frac{e_0 - 1.145}{3.700} = \frac{1 + e_0}{20} \quad e_0 = 1.632$$

$$\frac{\Delta e}{\Delta H} = \frac{1 + 1.632}{20} \quad \Delta e = 0.132 \Delta H$$

시험결과를 정리하면

압밀응력(kPa)	다이얼 게이지 읽음값(mm)	$\Delta H$ (mm)	$\Delta e$	$e$
0	0	0	0	1.632
0.2	0.175	0.175	0.023	1.609
0.4	0.433	0.258	0.034	1.575
0.8	0.887	0.454	0.060	1.515
1.6	1.691	0.804	0.106	1.409
3.2	2.967	1.276	0.168	1.242
0.8	2.793	-0.174	-0.023	1.264
0.2	2.539	-0.254	-0.033	1.298
0.8	2.592	0.053	0.007	1.291
3.2	3.195	0.603	0.079	1.212
6.4	4.200	1.005	0.132	1.079
0	3.700	-0.5	-0.066	1.145

② 시료의 건조중량을 이용하는 방법

시료의 건조중량 53.72g

간극이 없다고 가정했을 때 흙의 높이

$$H_s = \frac{M_s}{AG_s \gamma_w} = 7.6 \text{ mm}$$

압밀응력(kPa)	다이얼 게이지 읽음값(mm)	$\Delta H$ (mm)	H(mm) (=H <sub>0</sub> - $\Delta H$ )	$e$ (= $\frac{H - H_c}{H_c}$ )
0	0	0	20	1.632
0.2	0.175	0.175	19.825	1.609
0.4	0.433	0.258	19.567	1.575
0.8	0.887	0.454	19.113	1.515
1.6	1.691	0.804	18.309	1.409
3.2	2.967	1.276	17.033	1.241
0.8	2.793	-0.174	17.207	1.264
0.2	2.539	-0.254	17.461	1.298
0.8	2.592	0.053	17.408	1.291
3.2	3.195	0.603	16.805	1.211
6.4	4.200	1.005	15.8	1.079
0	3.700	-0.5	16.3	1.145

