

## Homework #4

### 토질역학 교재 CHAPTER 1 연습문제

1.1 다음 표는 시료 A, B, C를 체분석한 결과이다.

각 시료에 대한 입도분포곡선을 그리고 각각의 유효입경, 균등계수, 곡률계수를 구하라.

체눈 크기 (mm)	체에 남은 흙의 무게		
	A	B	C
37.5	0	0	0
10.0	97	23	0
4.75	33	8	0
2.00	27	7	16
1.18	30	2	58
0.42	37	25	116
0.25	17	25	3
0.075	25	83	6
팬에 남은 흙의 무게	11	10	2

1.2 흙의 비중을 구하기 위해 다음과 같은 자료를 수집하였다.

채취한 포화된 시료의 부피 : 645ml

오븐에 건조한 시료의 무게 : 1050g

비중계의 무게 : 40g

비중계에 물을 가득 채웠을 때의 무게 : 674g

비중계에 넣은 흙의 무게 : 445g

비중계에 흙을 넣고 물을 가득 채웠을 때의 무게 : 946g

위의 자료로부터 흙의 비중, 함수비, 간극률을 구하라.

1.3 흙의 현장밀도를 구하기 위해 다음과 같은 모래치환실험을 수행하여 자료를 수집하였다.

구덩이에서 채취한 흙의 무게 : 4.0kg

준비해 간 모래의 부피와 무게 : 4.2l, 5.8kg

구덩이를 채우는 데 사용되는 마른 모래의 무게 : 3.1kg

위의 자료로부터 현장흙의 습윤밀도를 구하라.

1.4 표준 액성한계 시험도구로 아터버그 실험을 수행하여 다음의 결과를 얻었다.

낙하횟수	6	8	12	26	28	31
함수비	53.4	52.2	48.3	40.0	38.8	37.1

이 시료의 소성한계가 18 %일 때, 이 시료의 액성한계 및 소성지수를 구하라. 또 이 시료의 세립분이 전체의 50 %를 넘는다고 할 때 통일분류법상 어떤 토군에 속하는지를 써라.

1.5 현장에서 72cm<sup>3</sup>의 부피를 가진 시료를 채취해서 무게를 재어보니 113.2g 이었다. 이 시료는 실험실에서 오븐 건조 후 무게가 90.6g이 되었다. 시료의 비중이 2.68일 때 시료의 포화도, 함수비, 간극비, 간극률을 구하라.

1.6 표준다짐 실험방법으로 다짐실험을 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

함수비 (%)	습윤단위중량 (t/m <sup>3</sup> )	함수비 (%)	습윤단위중량 (t/m <sup>3</sup> )	함수비 (%)	습윤단위중량 (t/m <sup>3</sup> )
① 5.7	1.69	③ 11.6	1.88	⑤ 16.4	1.79
② 8.7	1.82	④ 14.2	1.85	⑥ 18.5	1.72

- ① 다짐곡선을 그리고 최적함수비와 최대건조단위중량을 구하라.
- ② 비중  $G_s = 2.2$ 일 때 포화곡선을 그려라.

1.7 도로공사를 위하여 다짐성토를 수행한 후 들밀도시험을 하였다. 파낸 구멍의 체적  $V = 1980 \text{ cm}^3$ 였고 이 구멍에서 파낸 흙의 무게는 3420g 이었다. 이 흙의 토질시험 결과 함수비  $w = 10\%$ , 비중  $G_s = 2.70$ , 최대건조밀도  $\gamma_{d,max} = 1.65 \text{ g/cm}^3$ 이었다.

- ① 현장건조밀도, 간극비 및 간극률을 구하라.
- ② 이 현장의 시방규정이 95% 이상의 다짐도를 원할 경우, 이 토공이 시방규정에 적합한지 여부를 결정하라.

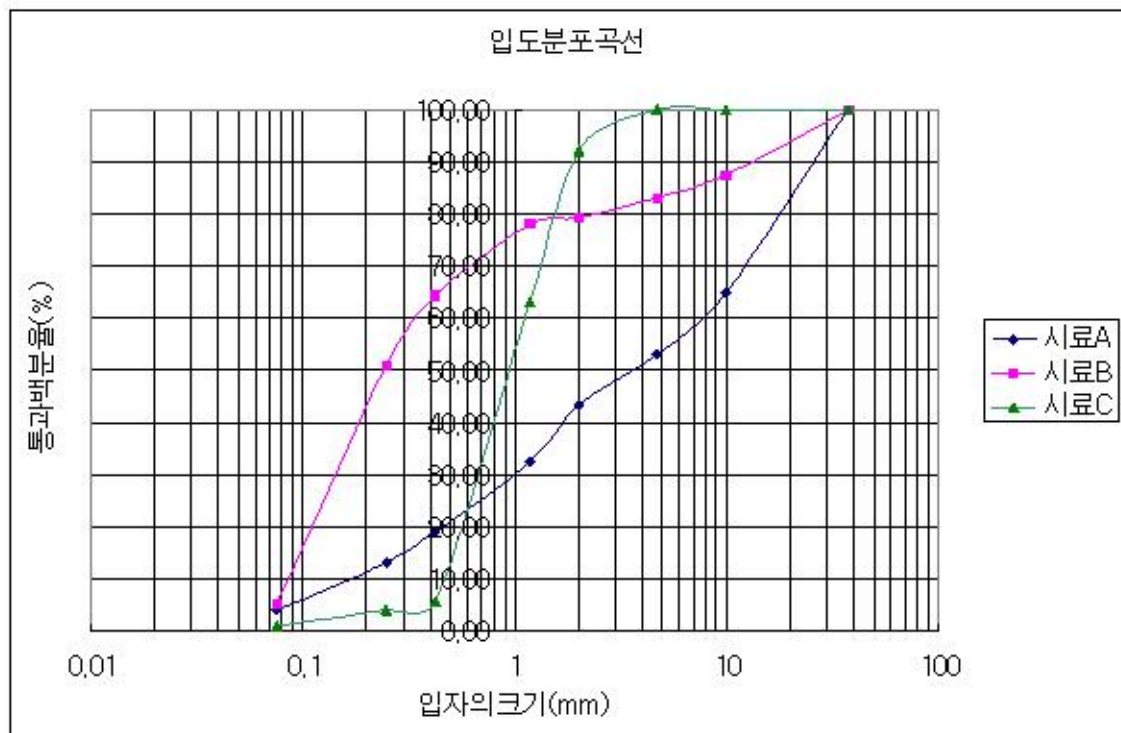
Homework #4 모범답안

## 토질역학 교제 CHAPTER 1 연습문제 풀이

1.1 다음 표는 시료 A, B, C를 체분석한 결과이다. 각 시료에 대한 입도분포곡선을 그리고 각각의 유효입경, 균등계수, 곡률계수를 구하라.

풀이) 먼저 시료 별로 각각의 체눈 크기에 대한 잔류율과 통과율을 구하면 다음 표와 같이 구할 수 있다. 그리고 이를 바탕으로 입도분포곡선을 그릴 수 있다.

체눈 크기	제어 남은 흙의 무게								
	시료 A			시료 B			시료 C		
	잔류량(g)	잔류율(%)	통과율(%)	잔류량(g)	잔류율(%)	통과율(%)	잔류량(g)	잔류율(%)	통과율(%)
37.5	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00	0	0.00	100.00
10	97	35.02	64.98	23	12.57	87.43	0	0.00	100.00
4.75	33	11.91	53.07	8	4.37	93.06	0	0.00	100.00
2	27	9.75	43.32	7	3.83	79.23	16	7.96	92.04
1.18	30	10.83	32.49	2	1.09	79.14	59	29.86	63.19
0.42	37	13.36	19.13	25	13.66	64.49	116	57.71	5.47
0.25	17	6.14	13.00	25	13.66	50.92	3	1.49	3.99
0.075	25	9.03	3.97	93	45.36	5.46	6	2.99	1.00
남은 흙 총합	11	3.97	0.00	10	5.46	0.00	2	1.00	0.00
	277	100.00		183	100.00		201	100.00	



- 시료 A :  $D_{10} = 0.17mm$ ,  $D_{30} = 1.03mm$ ,  $D_{60} = 7.92mm$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 47, \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} \times D_{10})} = 0.79$$

- 시료 B :  $D_{10} = 0.09mm, D_{30} = 0.18mm, D_{60} = 0.39mm$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 4.3, \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} \times D_{10})} = 0.92$$

- 시료 C :  $D_{10} = 0.44mm, D_{30} = 0.75mm, D_{60} = 1.17mm$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 2.7, \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} \times D_{10})} = 1.1$$

1.2 흙의 비중을 구하기 위해 다음과 같은 자료를 수집하였다.

채취한 포화된 시료의 부피 : 645 ml

오븐에 건조한 시료의 무게 : 1050 g

비중계의 무게 : 40 g

비중계에 물을 가득 채웠을 때의 무게 : 674 g

비중계에 넣은 흙의 무게 : 445 g

비중계에 흙을 넣고 물을 가득 채웠을 때의 무게 : 946 g

위의 자료로부터 흙의 비중, 함수비, 간극률을 구하라.

풀이)

- 흙의 비중  $G_s$  :

여기서  $W_1 = 445, W_2 = 674, W_3 = 946$  이므로

$$G_s = \frac{W_1}{W_1 + W_2 - W_3} = \frac{445}{445 + 674 - 946} = 2.5722 \approx 2.57$$

- 함수비  $w$  :

흙의 부피  $V_s = \frac{W_s}{\gamma_w G_s} = \frac{1050}{2.57} \approx 408.56 \text{ ml}$  와 같다.

따라서  $V_{total} = V_{water} + V_{soil}$  이므로 물의 부피  $V_{water} = 645 - 408.56 = 236.44 \text{ ml}$

이고 물의 비중이 1이므로 물의 무게  $W_w = 236.44 \text{ g}$  이다.

$$\therefore w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 = \frac{236.44}{1050} \times 100 = 22.52 \%$$

- 간극률  $n$  :

$V = 645 \text{ ml}, V_v = 236.44 \text{ ml}$  이므로

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{236.44}{645} = 0.3665 \approx 0.37$$

1.3 흙의 현장밀도를 구하기 위해 다음과 같은 모래치환실험을 수행하여 자료를 수집하였다.

구덩이에서 채취한 흙의 무게 : 4.0 kg

준비해 간 모래의 부피와 무게 : 4.2 l, 5.8 kg

구덩이를 채우는 데 사용된 마른 모래의 무게 : 3.1 kg

위의 자료로부터 현장 흙의 습윤밀도를 구하라.

풀이)

현장 흙의 무게 4.0 kg

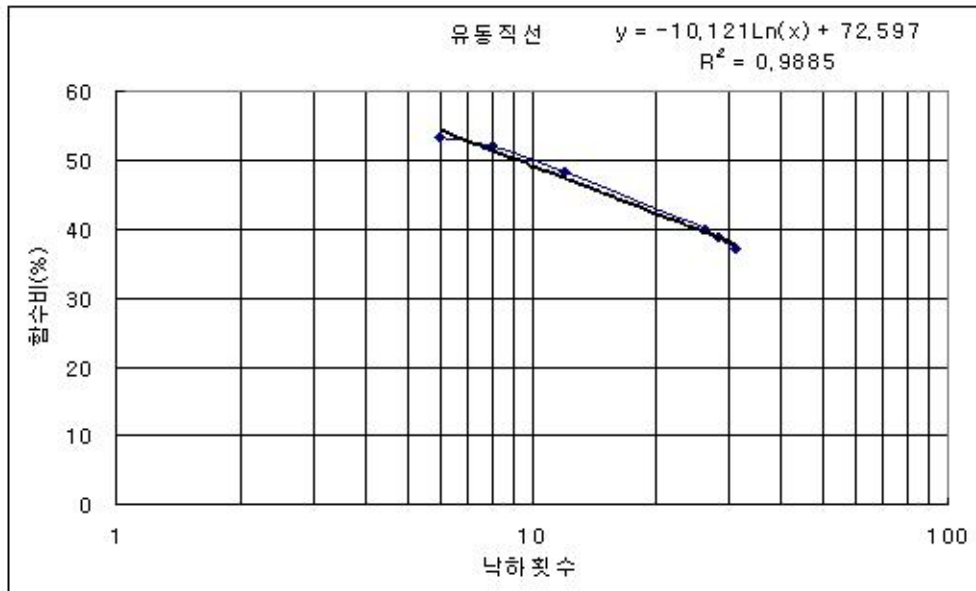
현장 흙의 부피  $V_s = \frac{4.2 \times 3.1}{5.8} = 2.244 \approx 2.24 \text{ l}$

$\therefore$  현장 흙의 습윤 밀도  $\rho_w = \frac{4.0}{2.24} = 1.78 \text{ kg/l} = 1.78 \text{ g/cm}^3$

1.4 표준 액성한계 시험도구로 아터버그 실험을 수행하여 다음의 결과를 얻었다.

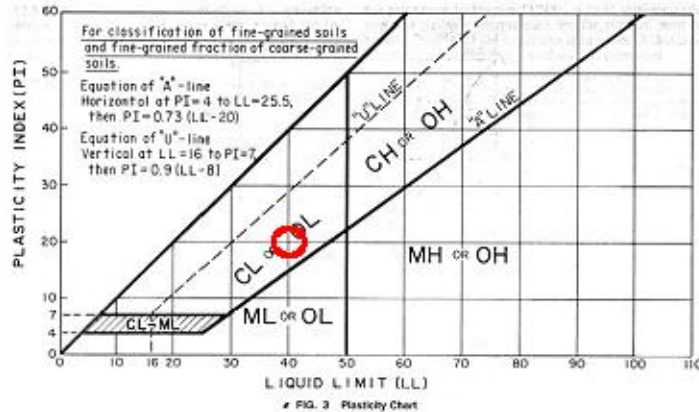
낙하횟수	6	8	12	26	28	31
함수비	53.4	52.2	48.3	40	38.8	37.1

풀이) 유동직선은 다음과 같이 그릴 수 있다.



$\therefore$  액성한계  $w_L = -10.121 \times \text{Ln}(25) + 72.597 = 40.01875 \approx 40.01\%$

$\therefore$  소성지수  $I_P = w_L - w_P = 40.01 - 18 = 22.01\%$



액성한계가 40.01%, 소성지수가 22.01% 이므로 위의 그래프에 표시된 빨간 지점이고 세립토가 50%가 넘으므로 CL임을 알 수 있다.

1.5 현장에서  $72\text{cm}^3$ 의 부피를 가진 시료를 채취해서 무게를 재어보니  $113.2\text{g}$ 이었다. 이 시료는 실험실에서 오븐 건조 후 무게가  $90.6\text{g}$ 이 되었다. 시료의 비중이 2.68일 때 시료의 포화도, 함수비, 간극비, 간극률을 구하라.

풀이) 처음에 주어진 조건은 다음과 같다.  $V = 72\text{cm}^3$ ,  $G_s = 2.68$ ,  $W = 113.2\text{g}$ ,  $W_s = 90.6\text{g}$

- 흙의 부피  $V_s = \frac{W_s}{\gamma_w G_s} = \frac{90.6}{2.68} = 33.81 \approx 33.8\text{cm}^3$

- 물의 부피  $V_w = 22.6\text{cm}^3$

- 공기의 부피  $V_a = 72 - 33.81 - 22.6 = 15.59 \approx 15.6\text{cm}^3$  임을 알 수 있다.

$\therefore$  포화도  $S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{22.6}{22.6 + 15.6} \times 100 = 59.16 \approx 59\%$

$\therefore$  함수비  $w = \frac{W_w}{W_s} = \frac{22.6}{90.6} \times 100 = 24.94 \approx 25\%$

$\therefore$  간극비  $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{22.6 + 15.6}{33.81} = 1.1298 \approx 1.13$

$\therefore$  공극률  $n = \frac{V_v}{V} = \frac{22.6 + 15.6}{72} = 0.53$

1.6 표준다짐 실험방법으로 다짐실험을 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

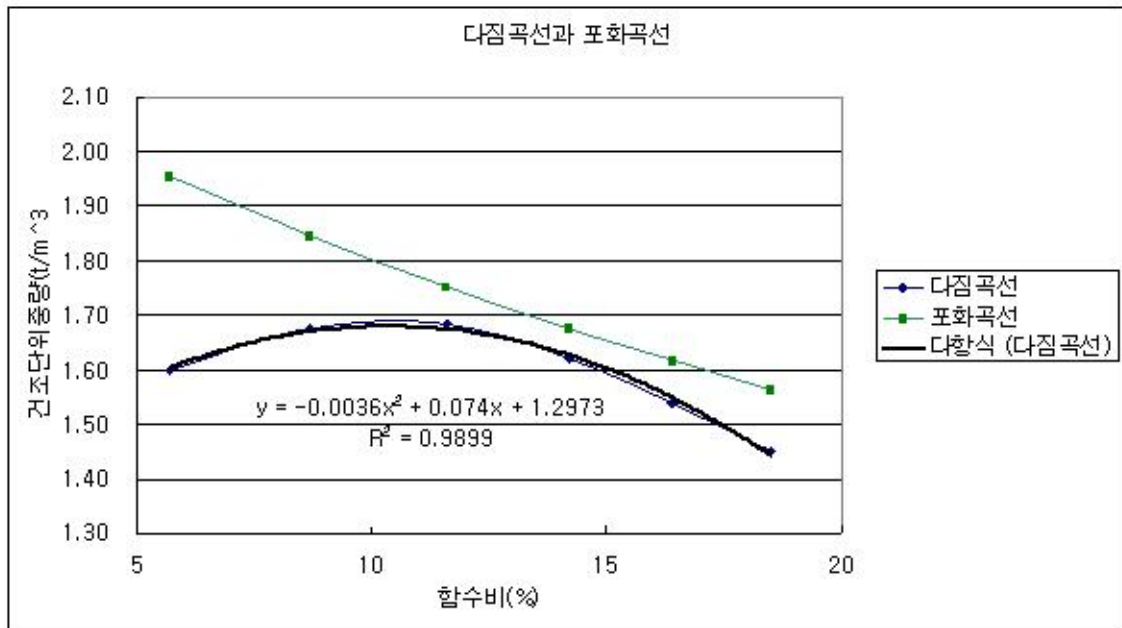
- ① 다짐곡선을 그리고 최적함수비와 최대건조단위중량을 구하라.
- ② 비중  $G_s = 2.2$ 일 때 포화곡선을 그려라.

풀이)

다짐 건조단위중량은  $\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1+w}$  으로, 포화 건조단위중량은  $\gamma_d = \frac{G_s}{1+wG_s}$  으로 각각 구할 수 있다. 이를 정리하면 아래의 표와 같이 나온다.

함수비 (%)	습윤단위중량 (t/m <sup>3</sup> )	건조단위중량 (t/m <sup>3</sup> )	포화건조단위중량 (t/m <sup>3</sup> )
5.7	1.69	1.60	1.95
8.7	1.82	1.67	1.85
11.6	1.88	1.68	1.75
14.2	1.85	1.62	1.68
16.4	1.79	1.54	1.62
18.5	1.72	1.45	1.56

그리고 다짐곡선과 포화곡선은 아래와 같은 그래프로 그릴 수 있다.



한편, 다짐곡선 식  $\gamma_d = -0.0036w^2 + 0.074w + 1.2973$  를 미분하여 계산하면 최적함수비를 찾을 수 있다. 이때 최적함수비  $w_{opt} = 10.28\%$  이고 최적함수비에서의 최대건조단위중량은  $\gamma_{d,max} = -0.0036(10.28)^2 + 0.074(10.28) + 1.2973 = 1.68g/cm^3$  이다.

1.7 도로공사를 위하여 다짐성토를 수행한 후 들밀도시험을 하였다. 파낸 구멍의 체적  $V=1980\text{cm}^3$ 였고 이 구멍에서 파낸 흙의 무게는  $3420\text{g}$ 이었다. 이 흙의 토질시험 결과 함수비  $w=10\%$ , 비중  $G_s=2.70$ , 최대건조밀도  $\gamma_{d,\max}=1.65\text{g/cm}^3$ 이었다.

① 현장건조밀도, 간극비 및 간극률을 구하라.

② 이 현장의 시방규정이 95% 이상의 다짐토를 원할 경우, 이 토공이 시방규정에 적합한지 여부를 결정하라.

풀이)

- 현장건조밀도  $\gamma_d$  :

$$\gamma_t = \frac{3420\text{g}}{1980\text{cm}^3} = 1.72\text{g/cm}^3$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t}{1+w} = \frac{1.72}{1+0.1} = 1.57\text{g/cm}^3$$

- 간극비  $e$  :

$$W = W_s + W_w = (1.1) W_s = 3420\text{g}$$

$$W_s = 3109\text{g}$$

$$V_s = \frac{W_s}{G_s} = \frac{3109}{2.70} = 1151\text{cm}^3$$

$$V_v = V - V_s = 1980 - 1151 = 829\text{cm}^3$$

$$\therefore e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{829}{1151} = 0.7202 \approx 0.72$$

- 간극률  $n$  :

$$n = \frac{V_v}{V} = \frac{829}{1980} = 0.4186 \approx 0.42$$

- 상대다짐도 :

$$\begin{aligned} \text{상대다짐도} &= \frac{\text{다짐시공후의현장건조단위중량}}{\text{실내시험의최대건조단위중량}} \\ &= \frac{1.57\text{g/cm}^3}{1.65\text{g/cm}^3} \times 100 = 95.15 (\%) \end{aligned}$$

$\therefore$  시방규정 95% 이상을 만족시킴으로 시방규정에 적합하다 할 수 있다.