

# 浦項沖積粘土의 物理的性質

## Physical Properties of Alluvial Clay in Pohang District

金 周 範\* , 柳 基 松\*\*  
Joo Bum Kim , Ki Song Ryu

### I. 序 論

一般的으로 흙의 種類를 規定하는때는 많은 指數가 必要하다. 이것은 흙의 性質이 複雜하여 單一指數로는 흙을 分類할수 없기 때문이다. 이러한 흙의 性質을 規定하기 위한 試驗方法에는 여러가지가 있으며, 이 試驗을 一括하여 分類試驗이라 부른다. 이 試驗結果에 따라 흙을 分類하면 그 흙이 普通의 性質을 갖는 흙인가 아닌가를 弄알 수 있다. 예를 들면 粒徑이 가는 細砂이면 噴砂現象을 일으킬 可能性을 豫見할 수 있으며 또 有機物이 많은 흙은 이에 대한 土性を 考慮해야할 必要가 있다는 것을 나타낸다. 이와같이 分類試驗으로 普通의 力學的試驗만으로는 發見할 수 없는 特殊한 性質을 알 수가 있는 것이다. 따라서 採取한 土試料에 對하여 分類試驗을 一定의 試驗過程으로 하는것은 이와 같은 흙의 性質을 알기위한 것이다.

이와같이 本資料는 浦項沖積粘土의 物理的性質을

究明하기 위하여 現場에서 採取한 不攪亂試料74個 (採取深度0~22m)의 試驗資料를 가지고 相互의 關係를 檢討한 것이다.

### II. 試驗方法

現場에서 採取한 試料의 物理的 性質試驗은 韓國 工業規格에 의하여 實施하였다.

### III. 試驗結果 및 考察

#### 1. 試驗結果

試驗結果는 表1과 같으며 이를 分析하면 다음과 같다.

#### 가. 比重

比重은 粒子를 構成하고 있는 物質의 種類에 따라 다르며 特히 混入된 有機物等에 의한 影響이 크다고 생각된다. 一般的으로 모래, 粘土等의 比重은 2.65~2.75 사이가 많으며, 沖積粘土의 比重은 2.54~2.71이다.

表 1. 試驗結果 一覽表

사료명	입 도 분 석			조 도 시 험			통일 흙 분류	비 중 G,	자 함수비 $w_n(\%)$	단위중량 $\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	공극비 $e_s$
	점 토 <5 $\mu$	실 토 5 $\mu$ -74 $\mu$	모 래 74 $\mu$ -4760 $\mu$	액성한계 LL(%)	소성한계 PL(%)	소성지수 PI(%)					
1	22.0	52.7	25.3	42.2	21.5	20.7	CL	2.695	40.5	1.760	1.151
2	23.0	40.4	36.6	43.7	22.2	21.5	CL	2.647	40.0	1.734	1.136
3	28.0	53.5	13.5	45.7	23.6	22.1	CL	2.643	52.5	1.585	1.544
4	39.0	49.3	11.7	55.7	27.5	30.2	CH	2.695	51.0	1.615	1.519
5	30.0	43.8	26.2	54.2	25.7	28.5	CH	2.652	45.7	1.770	1.183
6	33.0	35.9	31.1	56.5	27.1	29.4	CH	2.683	50.0	1.885	1.134
7	31.0	39.7	29.3	57.1	23.6	28.5	CH	2.657	52.8	1.625	1.500
8	21.0	59.0	20.0	53.5	23.2	30.3	CH	2.702	41.4	1.825	1.093

\* 農業振興公社 農工試驗所

\*\* " 協力事業部

사료명	입 도 분 석			조 도 시 험			통일육 분 류	비 중 G <sub>r</sub>	자 연 수 비 ω <sub>n</sub> (%)	단 위 중 량 γ <sub>r</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	공극비 e <sub>0</sub>
	점 토 <5μ	실 토 5μ-74μ	모 래 74μ- 4760μ	액성한계 LL(%)	소성한계 PL(%)	소성지수 PI(%)					
9	14.0	53.6	32.4	44.7	23.9	20.8	CL	2.695	36.7	1.835	1.008
10	26.5	23.6	49.9	49.0	28.8	20.2	ML	2.690	49.9	1.777	1.270
11	25.0	61.6	13.4	50.5	26.7	23.8	CH	2.705	43.7	1.740	1.234
12	34.0	52.5	13.5	56.3	26.5	29.8	CH	2.695	49.4	1.693	1.379
13	30.0	52.4	17.6	58.0	28.6	29.4	CH	2.664	63.2	1.685	1.581
14	34.0	49.2	16.8	45.6	26.7	18.9	CL	2.668	51.7	1.708	1.369
15	40.0	46.6	13.4	61.3	27.7	33.6	CH	2.695	50.0	1.703	1.374
16	24.0	57.0	19.0	56.2	27.4	28.8	CH	2.686	56.6	1.726	1.437
17	30.0	58.0	12.0	47.8	29.2	18.6	ML	2.697	69.5	1.723	1.652
18	30.0	63.5	6.5	49.8	24.5	25.3	CL	2.671	44.7	1.728	1.237
19	40.0	57.0	3.0	45.2	25.2	20.0	CL	2.690	53.3	1.759	1.345
20	43.0	55.0	2.0	56.1	25.1	31.0	CH	2.647	48.0	1.687	1.322
21	43.0	56.0	1.0	56.2	26.4	29.8	CH	2.678	39.0	1.678	1.219
22	30.0	67.2	2.8	46.1	23.8	22.3	CL	2.620	44.8	1.723	1.202
23	36.0	53.2	10.8	47.1	26.8	20.3	CL	2.629	43.1	1.716	1.193
24	12.0	77.5	10.5	39.3	25.9	13.4	ML	2.608	41.6	1.747	1.113
25	54.0	43.5	2.5	54.9	29.6	25.3	MH	2.626	50.0	1.666	1.364
26	40.0	45.7	6.3	52.2	28.2	24.0	CH	2.640	47.2	1.700	1.286
27	52.0	40.6	7.4	55.0	29.7	25.3	MH	2.624	46.5	1.575	1.441
28	47.0	42.5	10.5	55.1	28.6	26.5	CH	2.601	45.7	1.537	1.465
29	52.0	44.8	3.2	48.8	27.9	20.9	ML	2.604	50.0	1.640	1.382
30	17.0	68.7	14.3	42.0	25.1	16.9	CL	2.613	47.9	1.680	1.300
31	19.0	57.9	23.1	57.9	31.7	26.2	MH	2.618	50.0	1.715	1.290
32	17.0	57.3	25.4	61.8	31.7	30.1	MH	2.643	51.2	1.680	1.379
33	18.0	60.9	21.1	41.0	26.1	14.9	ML	2.640	41.2	1.804	1.066
34	18.0	62.7	19.3	40.2	25.6	14.6	ML	2.620	40.7	1.804	1.044
35	14.0	51.4	34.6	29.4	20.0	9.4	CL	2.610	29.3	1.948	0.732
36	33.5	51.2	15.3	54.2	27.0	27.2	CH	2.588	54.2	1.770	1.254
37	21.0	65.0	14.0	36.4	19.8	16.6	CL	2.588	35.3	1.860	0.882
38	13.0	52.8	34.1	30.4	18.3	12.1	CL	2.640	32.3	1.928	0.812
39	35.0	42.1	22.9	62.5	31.3	31.2	CH	2.583	57.1	1.593	1.547
40	21.0	57.0	22.0	37.9	20.8	17.1	CL	2.538	38.8	1.860	0.894
41	19.0	57.9	23.1	46.6	23.5	23.1	CL	2.566	36.6	1.840	0.905
42	35.0	59.0	6.0	48.6	27.6	21.0	CL	2.652	47.4	1.733	1.255
43	46.0	47.9	6.1	60.7	29.7	31.0	CH	2.622	53.7	1.704	1.364
44	34.0	61.0	5.0	72.5	28.9	43.6	CH	2.638	74.0	1.523	2.015
45	43.0	53.5	3.5	60.0	30.8	29.2	CH-MH	2.661	55.2	1.657	1.492
46	46.0	50.7	3.3	56.5	29.8	26.7	CH	2.617	51.3	1.662	1.383
47	22.0	70.0	8.0	41.2	23.8	17.4	CL	2.664	40.2	1.735	1.152
48	31.0	63.0	6.0	45.2	22.4	22.8	CL	2.608	41.0	1.789	1.080
49	19.0	79.0	2.0	57.1	26.1	31.0	CH	2.640	45.8	1.735	1.218
50	29.0	52.0	19.0	58.0	25.4	32.6	CH	2.613	43.5	1.752	1.140
51	20.0	44.0	36.0	50.0	19.2	30.8	CL-CH	2.563	42.1	1.770	1.061
52	39.0	49.0	12.0	61.0	27.0	34.0	CH	2.645	47.5	1.700	1.294
53	33.0	59.0	8.0	34.6	23.4	11.2	CL	2.677	46.7	1.768	1.217

浦項沖粘土의 物理的性質

사료명	입도분석			조도시험			통일흙 분류	비중 G <sub>s</sub>	자연 함수비 $\omega_n$ (%)	단위중량 $\gamma_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	공극비 e <sub>o</sub>
	점토 ( $5\mu$ )	실트 $5\mu-74\mu$	모래 $74\mu-4760\mu$	액성한계 LL(%)	소성한계 PL(%)	소성지수 PI(%)					
54	54.0	41.0	5.0	68.5	27.9	40.6	CH	2.631	58.2	1.647	1.527
55	18.0	54.0	28.0	31.7	23.3	8.4	MC	2.643	38.0	1.806	1.019
56	33.0	54.0	13.0	42.4	23.6	18.8	CL	2.575	47.0	1.707	1.218
57	18.0	51.0	31.0	36.3	26.8	9.5	ML	2.622	35.9	1.820	0.958
58	42.0	54.0	4.0	62.2	25.9	36.3	CH	2.650	45.0	1.753	1.192
59	24.0	56.0	20.0	43.0	24.4	18.6	CL	2.615	38.7	1.830	0.983
60	29.0	60.0	11.0	54.8	27.0	26.8	CH	2.624	52.0	1.790	1.228
61	37.0	57.0	6.0	49.5	28.2	21.3	ML	2.622	42.0	1.764	1.111
62	24.0	61.0	15.0	47.2	24.1	23.1	CL	2.671	44.8	1.707	1.265
63	36.0	59.0	5.0	54.8	26.2	28.6	CH	2.659	57.2	1.715	1.437
64	16.0	80.0	4.0	44.0	25.7	18.3	CL	2.669	49.8	1.710	1.337
65	34.0	60.0	6.0	51.3	27.3	24.0	CH	2.631	47.6	1.647	1.358
66	26.0	54.8	19.2	39.0	22.8	16.2	CL	2.657	41.2	1.826	1.055
67	49.0	48.6	2.4	71.3	30.0	41.3	CH	2.659	38.9	1.632	1.263
68	24.0	54.6	21.4	41.2	22.2	19.0	CL	2.664	41.8	1.860	1.030
69	47.0	45.4	7.6	53.3	26.8	26.5	CH	2.654	53.0	1.774	1.290
70	45.0	49.4	5.6	62.4	27.4	35.0	CH	2.654	53.7	1.690	1.413
71	44.0	53.1	2.9	64.8	30.0	34.5	CH	2.622	65.0	1.525	1.838
72	47.0	49.4	3.6	56.5	26.5	30.0	CH	2.680	53.5	1.663	1.475
73	43.0	45.9	11.1	52.0	25.2	26.8	CH	2.652	49.0	1.635	1.418
74	14.0	45.6	40.4	31.0	20.0	11.0	CL	2.654		1.772	0.998

나. 粒 度

粒度分布는 흙을 築堤材料로 使用할때에 다짐의 難易 및 透水性을 判斷하는데 아주 重要な 基準이 된다. 그러나 여기서 取扱한 沖積粘土에 對해서는 粘土( $5\mu$ 以下) 含有量이 흙의 性質을 크게 支配하고 있는 것으로 생각된다. 即 粒子가 가늘며 그만큼 單位容積中の 粒子表面積이 많아지며, 따라서 粘性低抗을 增加시키기 때문이다.

粒度分析에서는  $5\mu$ 以下를 粘土(Clay),  $5\sim 74\mu$ 을 실트(silt),  $74\sim 4760\mu$ 을 모래(Sand)로 하여 重量百分率로 나타내었다. 모래含有量은 1~50%이며, 실트含有量이 粘土 보다 大部分이 많다.

다. 아터버그(Atterberg)限界

아터버그限界는 리몰드(remold)한 試料의 稠士턴시(consistency)를 나타내는 指數로서 흙을 分類하는데 利用된다. 이것은 흙의 工學的諸性質과 密接한 關係를 가지며 重要的 物理的意味를 가지고 있다.

1) 液性限界(LL)

液性限界는 그 흙이 液性を 나타내는 最少의 含水量比로서 浦項沖積粘土에서는 29~73%사이를 나타내고 있다.

2) 塑性限界(PL)

塑性限界는 흙의 可塑性을 나타내는 最小含水量比로서 浦項沖積粘土에서는 18~32%이며, 液性限界에 比하여 좁은 範圍를 나타내고 있다.

3) 塑性指數(PI)

液性限界와 塑性限界의 差를 塑性指數라 부르며, 흙의 可塑性範圍를 나타내는 指數이다. 塑性限界보다도 液性限界의 範圍가 크기때문에 液性限界가 큰 흙일수록 塑性指數도 큰 傾向을 나타내고 있다. 浦項沖積粘土에서 塑性指數의 範圍는 8~44%이다.

4) 含水量

含水量比는 같은地域에서 흙의 沈下, 剪斷特性을 判斷하는데 補助手段으로서 아주 重要的 것이며, 浦項沖積粘土의 自然 含水量比는 29~74%이다.

5) 單位重量

浦項沖積粘土의 單位重量은  $1.52\sim 1.95\text{g/cm}^3$ 이며 이것은 設計時 흙의 重量計算에 絕對的으로 必要的한

것이다.

6) 空隙比

浦項沖積粘土의 試驗結果에 依하면 空隙比는 0.73 ~ 2.02이며, 이것은 分類特性중에서 가장 중요한 指數의 하나이다. 흙의 壓密을 論할때 壓密量의 單位로 空隙比를 使用하는것은 周知의 事實이며, 一般의 所以 粘土의 剪斷強度는 剪斷時 空隙比의 크기에 따라 달라진다고 볼수있다.

IV. 考 察

諸指數間의 相關性

흙의 物理性試驗結果値는 土質을 分類하는 外에 흙의 工學的性質과 聯關性 있게 判別되던 大端히 便利한데 이러한 뜻에서 試驗한 資料의 相互關係를 찾아보았다.

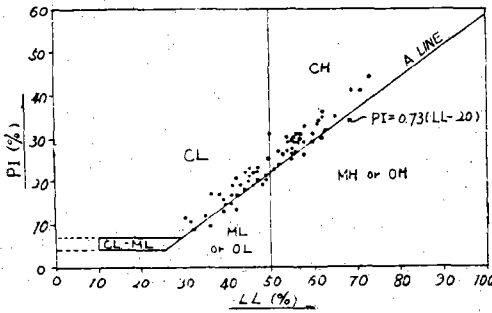


Fig. 1. Plasticity Chart

1. 塑性圖

液性限界와 塑性指數의 關係를 나타낸것이 Fig. 1 이다. 이것으로 카사그란테(Casagrande)에 의한 흙의 分類를 하였으며, 液性限界와 塑性指數의 關係는 좁은 幅으로 A線에 따라 直線的인 關係를 나타낸다. Fig. 1를 보면 沖積粘土는 大部分이 中塑性 및 高塑性의 無機質粘土에 屬하고 있으며, 相當한 壓縮性을 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

2. 粘土含有量과 空隙比

自然狀態인 沖積粘土의 粘土含有量과 空隙比의 關係는 Fig. 2와 같은 分布를 나타낸다. 全體의 所以 보면 粘土含有量의 增加와 함께 空隙比가 增加하며 大略直線的인 關係를 나타내고 있다. 空隙比를 決定하는 因子로 粘土粒子의 性質이나 配列狀態 및 壓密作用 등의 影響因子가 있으나 一般의 所以 粘土의

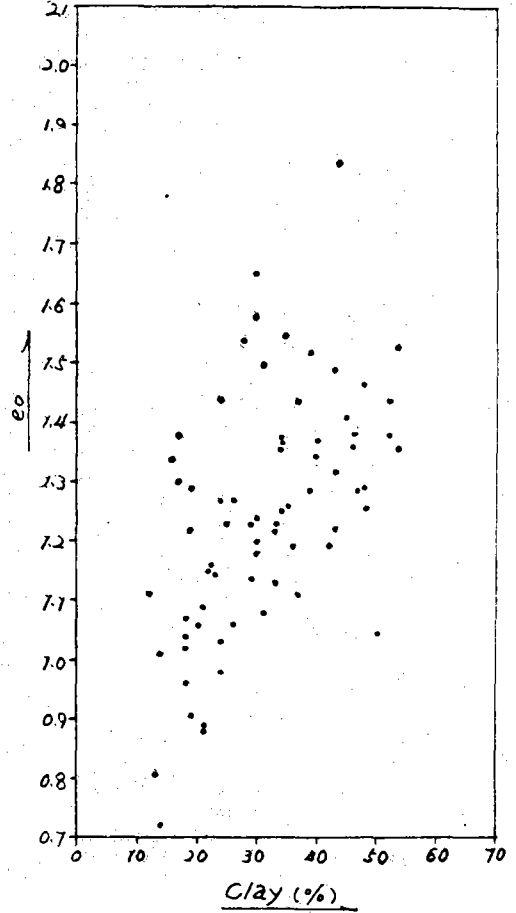


Fig. 2. Relationship between Void Ratio and Clay Content.

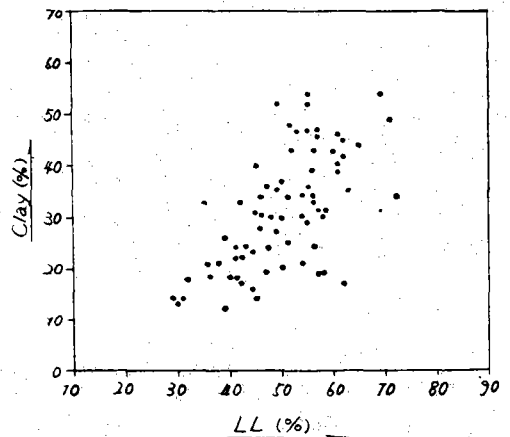


Fig. 3. Relationship between Clay Content and Liquid Limit.

含有量이 重要한 影響力을 가지고 있는 것으로 생각 된다. 이것으로 보면 浦項沖積粘土도 어느 程度의 相關性이 있다는 것을 알 수 있다.

3. 粘土含有量과 液性限界

粘土含有量과 液性限界의 關係를 나타낸 것이 Fig. 3이며 粘土含有量의 增加에 따라 液性限界值도 增加하는 傾向을 나타낸다.

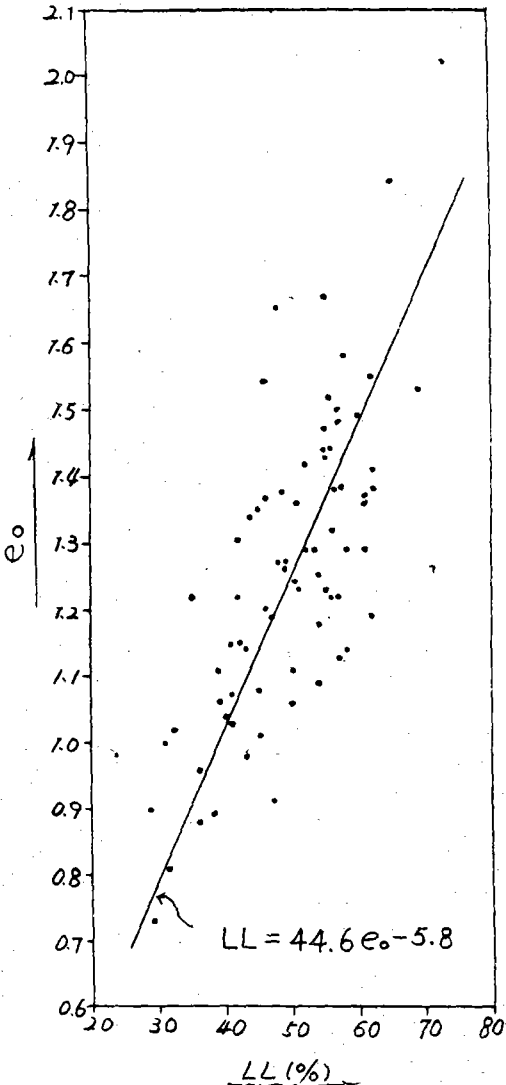


Fig. 4. Relationship between Void Ratio and Liquid Limit

4. 液性限界와 空隙比

液性限界와 空隙比의 關係를 나타낸 것이 Fig. 4인

데 거의 直線的인 關係이며,  $LL=44.6e_0-5.8$ 의 關係를 갖는다 이를 보면 土粒子表面積의 量이 空隙比를 決定하는 重要한 因子라는 것을 나타내고 있는 것으로 생각된다. 이것으로서 液性限界를 알면 空隙比가 概算되고 따라서 壓密의 推定도 할 수 있다. 그러나 實際의 設計計算에서는 所要의 壓密試驗에 의하여 算定해야 한다.

5. 液性限界와 自然含水比

液性限界와 自然含水比의 關係를 나타낸 것이 Fig. 6으로 거의 直線的인 關係를 가진다. 鈴木<sup>1)</sup>은 下部 粘土層에서  $LL=\omega_n$ 의 關係가 있다고 하였으나 浦項 沖積粘土에서는  $LL=1.28\omega_n-10$ 의 關係가 있다. 沖積粘土中에는 液性限界보다도 含水比가 큰 것이 一部 있는데 이것은 液性指數  $I_L$ 로 나타내면 1보다 큰 것

$$I_L = \frac{\omega_n - PL}{PI}$$

$\omega_n$ : 自然含水比(%), PL: 塑性限界(%)

PI: 塑性指數(%)

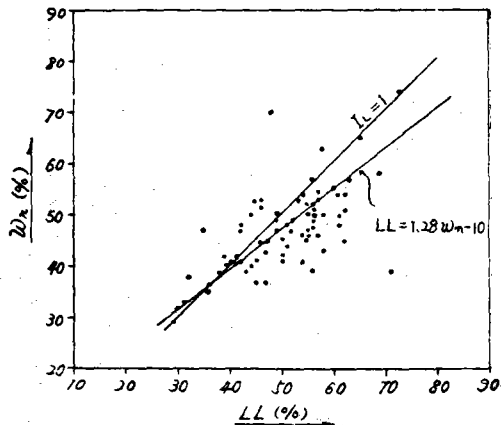


Fig. 5. Relationship between water Content and Liquid Limit

으로 흙을 반죽하면 液狀을 나타내는 것을 意味한다. 따라서 粘土의 銳敏比를 測定하기 위하여 반죽해서 만든 試料에 對한 一軸壓縮試驗은 할 수 없으며, 施工에 있어서도 이런 흙은 필수있는한 攪亂되지 않도록 注意를 해야 한다.

V. 結 論

지금까지 記述한 浦項沖積粘土의 物理的性質에 대한 것을 綜合하면 다음과 같은 結論을 얻을 수 있다.

- 1) 塑性圖에서 흙의 分類를 하면 中塑性 및 高塑性 粘土에 屬한다.
- 2) 空隙比는 粘土含有量에 比例하며 거의 直線的인 關係가 있다.
- 3) 粘土含有量과 液性限界는 幅 넓게 分布하고 있으나 粘土含有量에 따라 液性限界도 增加하는 傾向을 나타낸다.
- 4) 液性限界와 空隙比사이에는  $LL=44.6e_p-5.8$ 의 關係가 成立된다.
- 5) 液性限界와 自然含水比사이에는  $LL=1.28\omega_n-10$ 의 關係가 成立되며 自然 含水比보다 液性限界가 大部分 큰값을 나타낸다.

#### 參 考 文 獻

- 1) 桑原 徹, 堀内孝英(1966); 名古屋市南部의 軟弱粘性土의 性質について, 名城大學理工學部研

- 究報告, No7, pp.34~59
- 2) 金周範(1974); 河性堆積層地盤調査結果, 韓國農工學會誌, 16卷4號, pp.67~72
- 3) 邊普燁(1965); 蔚山港海底滯積層粘土의 指數的特性에 關하여, 大韓土木學會誌, 13號1卷
- 4) 邊普燁(1972); 韓國主要港灣의 沖積土의 指數的性質에 關한 研究, 大韓土木學會創立二十周年記念論文集, pp.1~18
- 5) 鈴木好一, 大崎順彦, 荒木春視(1965); 粘性土における土質常數値의 相關性, 土質工學會第10回シンポジウム, pp.141~146
- 6) 山口英太郎, 難波直彦, 岡晃, 永石義隆, 村岡嘉邦(1959); 不知火海沖積粘土의 土質について, 九州農試報, 5卷4號, pp.349~358
- 7) 土質工學會(1973); 土質試驗法(第1回改訂版)