

牙山灣地域 沖積粘土의 土質特性에 관한 研究(Ⅱ)

Studies on the Engineering Characteristics of Alluvial Clayey Deposits in the Bay Area of Asan(Ⅱ)

柳 能 桓* · 柳 然 澤**
Ryu, Neung Hwan · Ryu, Yean Taek

Summary

This study was conducted to investigate the various engineering properties and relationships among the soil constants of alluvial clayey deposits distributed in the bay of Asan and their results are summarized as follows :

1. Grain size distribution of soil was consisted of 12 % of clay, 46-73 % of silt, 2-23 % of sand, and as for the consistency characteristics, 26-36 % of liquid limit, 18-21 % of plastic limit and 6-16 % of plastic index, and so the soil belonging to as a lower plastic nonorganic clay, it's specific gravity was 2.66-2.70, and the location on the plastic chart was approximately above the A-line.
2. The natural moisture content and unit weight were 30-43 % and 1.76-1.87 g / cm³, respectively, and according to increment of natural moisture content, the unit weight was decreased, and the initial void ratio and degree of saturation were shown of 0.87-1.119 and 92-100 %, most of saturated.
3. Cone resistance value which was shown 2.4-6.5 kg / cm² was a little lower and it was increased with the depth of layer and shown the formular $q_c = 0.7_z + 1.32$.
4. Unconfined compression strength was about 0.18-0.43 kg / cm², c_u , 0.1-0.22 kg / cm², ϕ , 2-6° under uu-test condition of triaxial, and c_{cu} , 0.08-0.3 kg / cm², ϕ , 12-18° under the condition of cu-test.
5. Pre-consolidation load of characteristics of consolidation was 0.4-0.8 kg / cm², compression index, about 0.17-0.33.
6. Liquid limit and plastic index were increased with the increment of clay content but most of alluvial clay was appeared as a normal through non-activity clay soil shown more natural moisture content than liquid limit, and their relationship as follows :
 $LL = 0.38(c_y + 54.8)$, $PI = 0.836(LL - 17.8)$, $PI = 0.468(LL - 0.48)$
7. The initial void ratio presented relationship of positive among clay content, natural moisture content and liquid limit, and that of reverse with unit weight, and their results as follows :

* 江原大學校 農科大學

** 農業振興公社 水利施設管理團

$$e_o = 0.024(w_n + 0.2), e_o = e_o = 0.0003c_y + 0.0005 LL + 0.0151 W_n + \frac{3.58}{r_t} - 1.52$$

8. It was shown that the compression index has correlationship of postive among the clay content, liquid limit, plastic index, natural moisture content and initial void ratio, and their relationships as follows :

$$c_c = 0.44(e_o - 0.47),$$

$$c_c = 0.001$$

I. 序 論

牙山灣은 우리나라 西海岸의 京畿道 甕津郡, 始興郡, 華城郡, 平澤郡과 忠清南道 牙山郡, 唐津郡, 瑞山郡으로 둘러싸인 灣으로 海岸線의 屈曲이 심하고 潮汐差가 큰 地域으로 60年代 後半부터 南陽, 牙山, 插橋川, 大湖防潮堤 등 大規模防潮堤가 築造되었으며 最近에는 國內 最大規模의 始華防潮堤가 建設中에 있다. 이와같이 牙山灣地域은 干拓事業에 有利한 條件을 갖추고 있다. 地質學的으로는 始生代와 初期原生代의 漣川層群인 變成岩類로 이루어져 있다²²⁾ 이 地域으로 安城川, 插橋川을 비롯하여 크고 작은 수 많은 河川이 流入하며 여름철 雨期에는 集中豪雨에 의해 地表面의 土壤이 侵蝕되어 雨水와 함께 流入된다. 이와 같은 過程을 통하여 流入된 粘土粒子는 土粒子의 固有性質과 海水의 影響에 의해 複雜한 堆積環境을 받아 堆積되어 沖積層이 形成된다. 沖積粘土層은 含水比가 많고 壓縮性이 크며 支持力이 弱하여 各種 土木工事中 過大한 沈下나 地盤이 破壞되는 등 많은 問題點이 發生하게 된다. 그러므로 沖積粘土의 諸般 物理的 性質과 工學的 性質을 파악하고 이에 대한 問題點을 豫測하여 對處하면 보다 安全하고 經濟的인 構造物을 建設할 수 있을 것이다. 따라서 今回 研究에서는 牙山灣地域에 分布하는 沖積粘土의 物理的 및 工學的 諸 特性을 調查 分析하고 土質定數間의 相關性을 究明하여 앞으로 이 地域에 建設되는 各種 土木工事의 設計, 施工 및 管理을 爲한 資料를 마련코져 한다.

II. 材料 및 方法

1. 材 料

本 研究에 使用된 試料는 西海岸 牙山灣地域

에 分布하는 沖積粘土層에서 1976년부터 最近까지 採取한 1383占의 不攪亂試料를 對象으로 하였으며 現場調査時 使用된 手動式 Dutch Cone (貫入能力: 2.5t)으로 콘貫入抵抗 (콘先端角: 60°, 콘斷面積: 10cm²)을 測定하고¹⁹⁾ Shrew Sampler (D=72mm, L=400mm)로 試料를 採取하여 韓國工業規格 (K. S. F)에 의해 흙의 物理的 및 工學的 性質을 測定하고 그의 一般의인 特性과 各 土質定數間의 相關性을 中心으로 하여 比較分析하였다.

2. 分析 方法

諸般 土質定數를 整理하여 電算入力시키고, 各

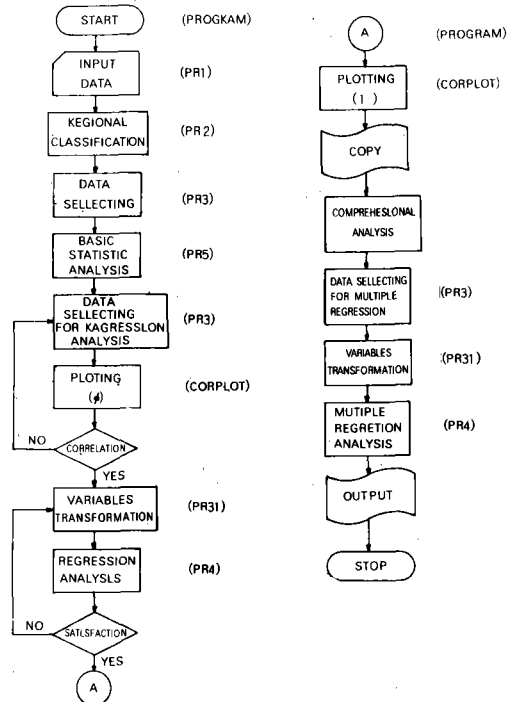


Fig. 1. FLOW CHART for Soil Parameters Analysis.

Table-1. Basic statistics of soil test result.

Soil Parameters	Depth m	Grin Size Analysis Consistency				Specific gravity G_s	Natural Water Contents w_n %	Unit Weight γ_t g/cm ³	Void Ratio e_s	Satura- tion S %	Unconf. Comp. Strength q_u kg/cm ²	Triaxial Test				Consolidation test		Cone Resis qc kg/cm ²			
		Clay <5 μ %	silt 5~74 μ %	sand >74 μ %	LL %							PL %	PI %	UU c kg/cm ²	UU ϕ deg.	CU c kg/cm ²	CU ϕ deg.		Void Ratio e_s	Precom. Load PC kg/cm ²	Comp. Index C _c
No. of Data n	1239	1292	1321	1319	1070	1070	1070	1334	1320	1281	1278	1265	310	847	851	34	34	833	823	845	633
Max. value Xmax	19.05	62.60	99.70	98.90	73.50	37.70	38.90	2.837	80.90	2.418	2.121	119.55	2.670	1.30	45.00	0.70	45.00	2.145	2.500	0.980	38.0
Min. value Xmin	0.15	0.10	1.00	0.10	17.00	11.50	0.70	2.343	4.30	1.320	0.261	33.03	0.013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.444	0.025	0.016	0.06
Range (Xmax-Xmin)	18.90	62.50	98.70	98.80	56.50	26.20	38.20	0.494	76.60	1.098	1.860	86.52	2.657	1.30	45.00	0.70	45.00	1.701	2.475	0.964	37.94
Mean $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	3.70	23.36	58.75	17.23	32.18	20.14	12.05	2.685	36.54	1.817	1.036	94.42	0.423	0.191	5.66	0.229	17.71	1.063	0.644	0.260	5.75
Median Q_2	2.80	21.40	63.00	7.50	30.70	19.60	11.00	2.686	36.65	1.809	1.029	96.12	0.290	0.150	3.00	0.190	16.00	1.041	0.560	0.230	3.90
Variance σ^2	9.48	176.82	368.44	467.90	55.77	12.69	50.03	0.001	109.90	0.014	0.071	100.01	0.225	0.025	62.78	0.033	87.65	0.063	0.115	0.017	36.34
Standard Deviation σ	3.08	13.30	19.19	21.63	7.47	3.56	7.07	0.037	10.48	0.120	0.267	10.00	0.475	0.157	7.923	0.180	9.36	0.251	0.340	0.131	6.03
Mean Deviation $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i - \bar{x} $	2.38	10.98	15.50	16.61	5.87	2.46	5.79	0.022	8.023	0.087	0.203	6.53	0.280	0.098	4.993	0.146	6.308	0.191	0.258	0.102	3.76
Coeff. of Variation $\frac{\sigma}{\bar{x}}$	0.833	0.569	0.327	1.256	0.232	0.177	0.587	0.014	0.287	0.066	0.257	0.106	1.123	0.820	1.400	0.786	0.529	0.236	0.528	0.504	1.049
Standard Error of Mean $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	0.088	0.370	0.528	0.596	0.228	0.109	0.216	0.001	0.289	0.003	0.008	0.281	0.027	0.005	0.272	0.031	1.606	0.009	0.012	0.005	0.240
Skewness $\frac{m_3}{\sigma^3}$	1.495	0.546	-0.766	1.630	1.015	1.491	0.710	-18.40	0.080	0.335	0.308	-1.999	3.053	3.285	2.808	0.707	1.255	0.788	1.437	1.186	2.963
Kurtosis $\frac{m_4}{\sigma^4} - 3$	2.920	-0.399	0.058	1.911	1.603	4.133	0.091	1187.7	0.717	5.659	0.815	7.307	10.167	15.159	8.362	-0.396	1.461	1.240	3.065	2.641	9.952
Lower Quartile Q_1	1.40	12.60	46.90	2.10	26.80	18.20	6.20	2.668	30.30	1.748	0.871	91.91	0.180	0.10	2.00	0.08	12.00	0.883	0.400	0.170	2.4
Upper Quartile Q_3	5.20	32.00	73.50	23.20	36.20	21.30	16.70	2.703	42.90	1.871	1.186	99.54	0.430	0.22	6.00	0.30	18.00	1.191	0.800	0.335	6.5
Quartile Range $Q_3 - Q_1$	3.80	19.40	26.60	21.10	9.40	3.10	10.50	0.035	12.60	0.123	0.315	7.63	0.250	0.12	4.00	0.22	6.00	0.308	0.400	0.165	4.1

各의 土質定數의 特性을 調査하기 爲하여 基本的인 統計分折을 實施하였으며³⁷⁾, 土質定數間의 相關性이 認定되는 因子들의 相關性을 確認하기 爲하여 그 結果를 圖示하고, 이때 相關性이 認定되면 單純回歸分折을 하였다²⁰⁾. 單純回歸 分折結果를 다시 綜合的으로 分折하여 2個以上の 定數間에 相關性이 認定되면 變數變換을 通하여 重回歸分折을 實施하였으며, 모든 分折材料는 F-檢定, T-檢定 등을 通하여 有意性을 檢定하였다.²⁰⁾ 그리고 本 分折方法을 Flow-chart로 圖示하면 Fig. 1과 같다.

III. 結果 및 考察

1. 沖積粘土의 土質特性

本 地域 沖積粘土의 土質特性은, Table-1과 같으며 各各의 土質定數를 구체적으로 考察하면 다음과 같다.

가. 粒度分布

試料採取深度는 0~20m이며 대부분이 地表下 10m以內에서 採取한 것으로 粒度分布特性은 粘土含有量은 12~32% (平均: 23%), 실트含有量 46~73% (平均: 58%), 모래含有量 2~23% (平均: 17%)로 細粒分인 No 200체 通過量이 77~98%이나 실트性分이 主宗을 이루고 있다.

나. Consistency 特性

沖積粘土의 Consistency 特性中 液性限界는 26~36% (平均: 32%), 塑性限界 18~21% (平均: 20%), 塑性指數 6~16% (平均: 12%)이며 各各의 變動係數가 0.23, 0.17, 0.58로 試驗結果의 散布度는 塑性指數, 液性限界, 塑性限界 順으로 나타났다.

다. 比 重

牙山灣地域 沖積粘土의 比重은 2.66~2.70 (平均: 2.685)로 一般的인 無機質 沖積粘土의 比重과 類似한 것으로 有機物과 같은 不純物이 거의 含有되지 않은 것으로 판단된다.

라. 自然含水比, 密度, 空隙比, 飽和度.

本 沖積粘土의 自然含水比는 30~43% (平均: 36.5%), 이며, 現場密度는 1.75~1.87g/cm³ (平均: 1.81g/cm³)이다. 또한 初期空隙比는 0.87~1.19 (平均: 1.03)이며 飽和度는 92~100% (平均: 94%)로 沖積粘土의 대부분은 거의 飽和되어 있는 狀態이다. 試驗果值中 飽和度가 100%以上의 값을 나타내는 경우가 있는데 이는 密度, 含

水比, 比重 등 土質試驗時 發生하는 試驗誤差에 起因되는 것으로 판단된다.

마. 一軸壓縮強度, 三軸壓縮強度

一軸壓縮強度(q_u)는 0.18~0.43kg/cm² (中央值: 0.29kg/cm²) 程度이며, 非壓密非排水三軸壓試驗(UU-Test)時의 粘着力은 0.10~0.22kg/cm² (中央值: 0.15kg/cm²)이며 흙의 内部摩擦角은 2~6° (中央值: 3°)로 軟弱한 粘性土의 特性을 나타낸다. 壓密非排水三軸壓縮試驗(Cu-Test)은 軟弱한 粘性土地盤에서 Sand-drain, Paper-drain, 先行荷重工法 등 地盤의 支持力을 增進시켜 施工하는 경우에 必要한 土質定數를 얻기 爲하여 實施하는 試驗條件으로 本 沖積粘土의 粘着力(C_{cu})은 0.08~0.30kg/cm² (中央值: 0.19kg/cm²) 이며 強度增加率을 推定하는데 使用되는 흙의 内部摩擦角(ϕ_{cu})은 12~18° (中央值: 16°)로 強度增加率($\frac{\Delta C}{P}$)은 0.21~0.31 程度이다.

바. 큰貫入抵抗

深度에 대한 큰貫入抵抗은 地層의 成層狀態을 連續的으로 確認할 수 있어 地層을 區分 하거나 間接的으로 地盤의 相對的인 強度가 推定되므로 다른 現位置 調査方法보다 迅速簡單하고 精密하여 軟弱한 粘性土地盤調査에 많이 利用된다.¹⁹⁾ 本 地域 沖積粘土의 큰貫入抵抗은 深度에 따라 增加하는 傾向을 보이며 큰貫入이 2.4~6.5kg/cm² (中央值: 3.9kg/cm²)로 軟弱한 狀態이다.

사. 壓密特性

壓密特性은 先行壓密荷重(P_c), 壓縮指數(C_c), 壓密係數(C_v) 등으로 나타낼 수 있으나 壓密係數는 壓密荷重에 따라 變化되는 값으로 一定한 값으로 나타낼 수 없어 檢討對象에서 除外하고 先行壓密荷重과 壓縮指數만을 對象으로 分折하였다. 先行壓密荷重은 0.40~0.80kg/cm² (平均: 0.64kg/cm²)이고 壓縮指數는 0.17~0.33 (平均: 0.26) 程度이다.

2. 土質定數의 相關性 考察

가. 地盤深度와 큰貫入抵抗

Fig. 2는 地盤深度(Z)에 대한 큰貫入抵抗(q_c)의 變化狀態를 나타낸 것으로 地盤深度가 增加함에 따라 큰貫入抵抗도 增加하며 $q_c = 0.74Z + 1.32$ 의 直線關係式이 成立한다. 이는 金¹⁶⁾의 榮山江河口流域의 沖積粘土의 特性과 類似한 것으로 나타나는데 地盤深度가 깊을수록 土被荷重에 의해 地盤이 壓密되어 強度가 增加한 것으로 判斷된다.

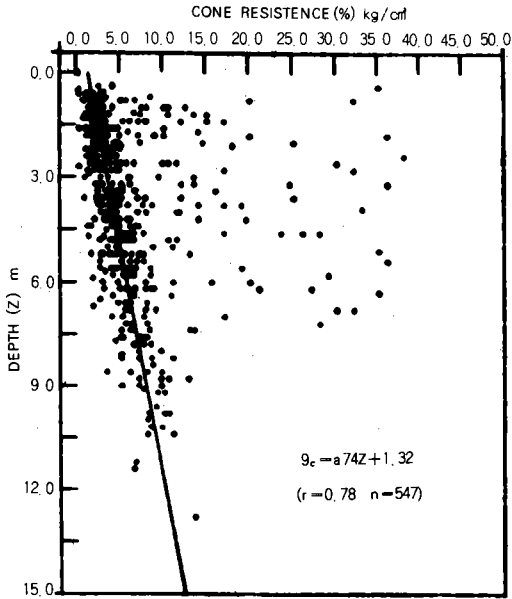


Fig. 2. Relationship between depth(z) and cone resistane (q_c).

그러나 深度 7 m 以内에서는 콘貫入抵抗의 散布度가 크게 나타나는 것은 局部的으로 堆積環境이다르고 堆積後 潮汐에 의한 上載荷重의 增加, 表土部位의 desiccation 등에 起因되는 것으로 推定된다.

나. Consistency 特性的 相關性

本 沖積粘土를 塑性圖上에 나타내면 Fig. 3 과 같이 液性限界가 50% 미만이며 大部分의 試料가 A. Casagrande⁴¹⁾ 가 提安한 A-線 ($PI=0.73(LL$

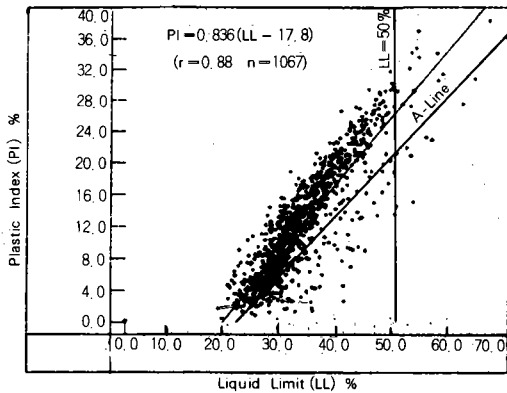


Fig. 3. Plasticity Chart.

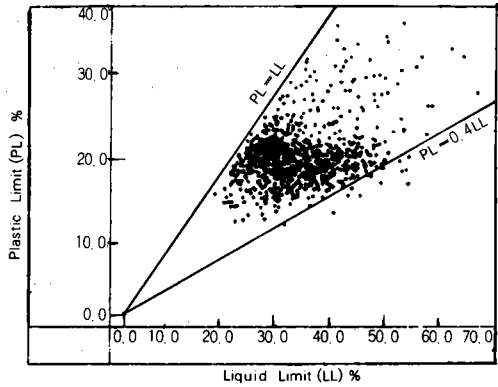


Fig. 4. Relationship between Plastic Limit and Liquid Limit.

-20)) 위의 位置하여 $PI=0.836(LL-17.8)$ 의 關係式이 成立한다. 上記 關係式은 他地域의 粘性土에서의 關係式과도 類似한 傾向을 나타낸다^{3)4)8) 13) 32) 40) 51)} 따라서 本地域 沖積粘土는 低塑性의 無機質粘性土임을 알 수 있다. Fig. 4는 液性限界와 塑性限界의 關係를 圖示한 것으로 液性限界가 增加하면 塑性限界도 多少 增加하나 塑性限界는 거의 16~24%이며 $PL=(0.4\sim 1.0)LL$ 사이에 있다.

다. 粘土含有量과 Consistency 特性的 關係

Fig. 5는 粘土含有量(Cy)과 液性限界(LL)의 關係를 圖示한 것으로 $LL=0.38(Cy+58.4)$ 의 關係式이 成立하는데 이는 Seed 등의 關係式과 類似한 것으로 粘土含有量이 많을수록 液性限界가

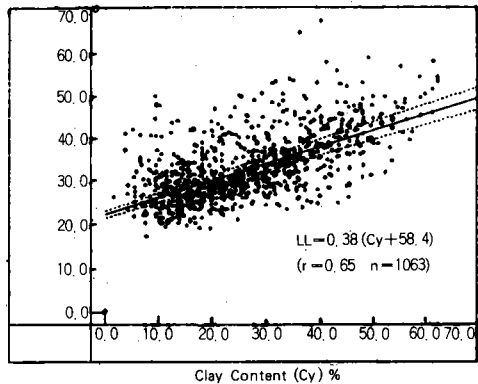


Fig. 5. Relationship between Liquid Limit and Clay Content.

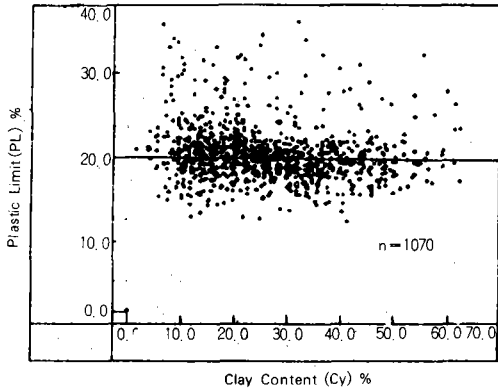


Fig. 6. Relationship between Plastic Limit and Clay Content.

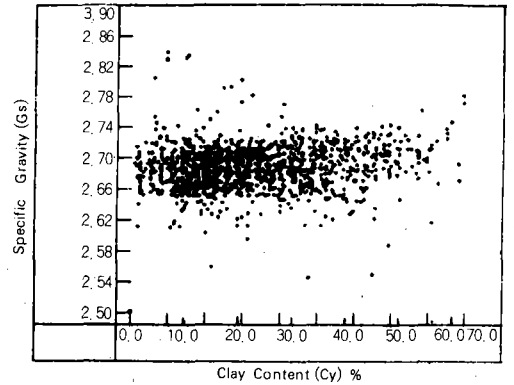


Fig. 8. Relationship between Specific Gravity and Clay Content.

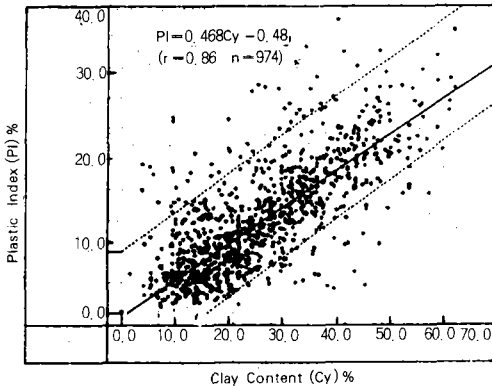


Fig. 7. Relationship between Plastic Index and Clay Content.

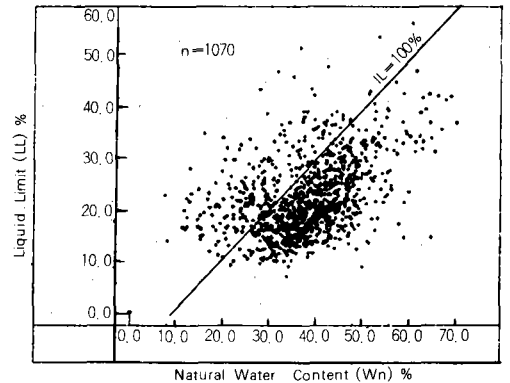


Fig. 9. Relationship between Liquid Limit and Natural Water Content.

增加함을 알 수 있다.13, 16, 31, 41, 52) Fig. 6은 粘土含有量과 塑性限界의 關係를 圖示한 것으로 粘土含有量이 變하여도 塑性限界는 (20 ± 4) %에서 一定한 값을 갖는데, 塑性限界는 粘土含有量보다 粘土鑛物의 性質에 左右되는 것으로 생각된다. Fig. 7은 粘土含有量(Cy)과 塑性指數(PI)의 關係를 圖示한 것으로 本 沖積粘土는 대부분 普通粘土 내지 非活性粘土에 屬하며 液性限界와 마찬가지로 粘土含有量이 增加함에 따라 塑性指數도 커지며 $PI = 0.468Cy - 0.48$ 의 關係式이 成立하는데 이는 邊 境의 他地域의 研究와 類似한 傾向을 보인다.4) 16) 31)

라. 粘土含有量과 比重의 關係

Fig. 8은 粘土含有量과 土粒子의 比重(Gs)의

關係를 圖示한 것으로 粘土含有量이 變하여도 土粒子의 比重은 거의 變化하지 않고 대부분 2.66 ~ 2.71 사이에 값을 갖는다.

마. 自然含水比와 液性限界의 關係

Fig. 9는 自然含水比(W_n)와 液性限界(LL)의 關係를 圖示한 것으로 대부분 液性限界보다 自然含水比가 많은, 즉 液性指數(IL)가 100%以上인 沖積粘土로서 地盤이 流動狀態에 있어 매우 軟弱한 地盤이다. Fig에 나타난 바와 같이 散布度는 크지만 金 등의 研究와 같이 自然含水比가 높을수록 液性限界도 增加하는 傾向을 보인다.18) 31) 51)

바. 單位重量, 現場含水比, 粘土含有量의 關係

Fig. 10은 現場含水比(W_n)와 單位重量(r_s)의 關係를 圖示한 것으로 含水比가 增加함에 따라

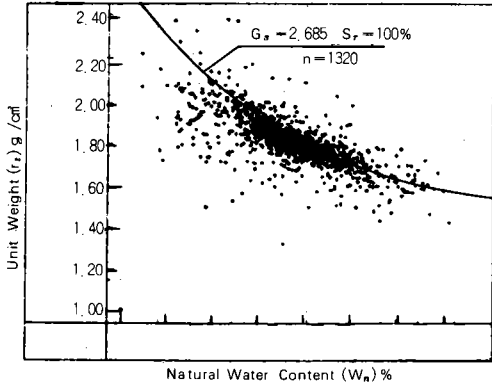


Fig. 10. Relationship between Unit Weight and Natural Water Content.

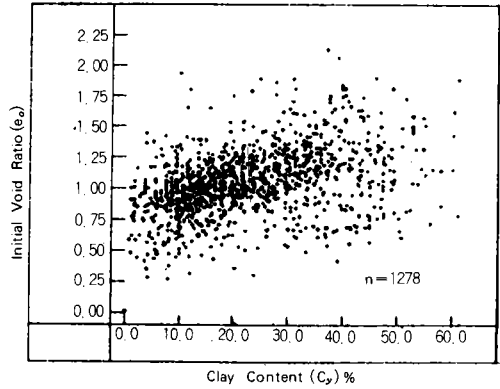


Fig. 12. Relationship between Initial Void Ratio and Clay Content.

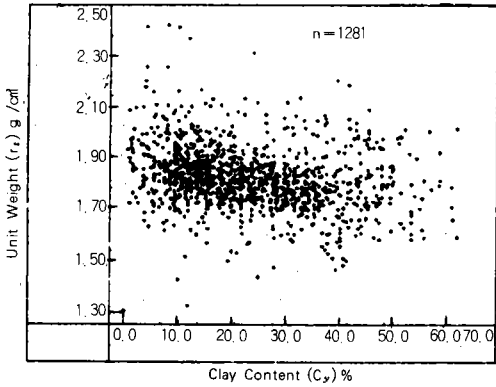


Fig. 11. Relation between Unit Weight and Clay Content.

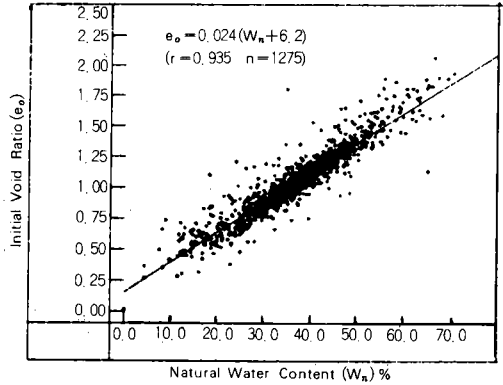


Fig. 13. Relationship between Initial Void Ratio and Natural Water Content.

單位重量이 減少함을 알 수 있으며, 本沖積粘土의 土粒子比重(G_s)이 2.685이며 飽和度(S_r)가 92%以上으로 圖表上에 나타낸 實線($G_s = 2.685$, $S_r = 100\%$)에 대부분 接近하므로 簡單히 現場含水比만 測定하여도 쉽게 單位重量을 推定할 수 있다. Fig. 11은 粘土含有量(C_y)과 單位重量(r_s)의 關係를 圖示한 것으로 粘土含有量이 增加하면 單位重量은 多少 減少하는 傾向을 보이나, 本地域의 沖積粘土는 粘土含有量보다 실트含有量이 많아 흙의 構造에 실트분의 影響이 큰것으로 判斷된다.

사. 初期空隙比와 粘土含有量, 自然含水比, 單位重量 및 液性限界의 關係

Fig. 12는 粘土含有量(C_y)에 대한 初期空隙比(e_0)의 關係를 圖示한 것으로 散布度는 크지만

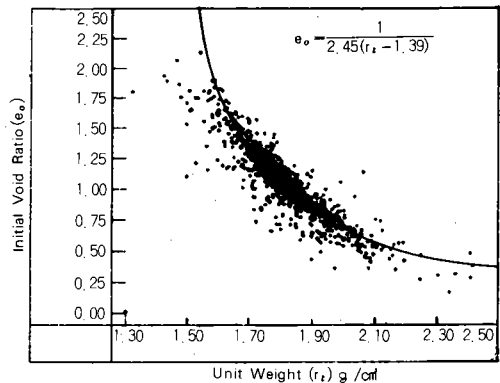


Fig. 14. Relationship between Initial Void Ratio and Unit Weight.

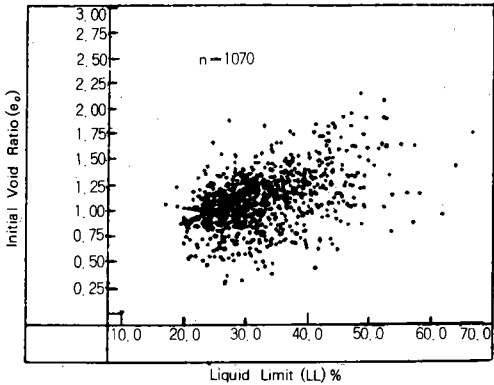


Fig. 15. Relationship between Initial Void Ratio and Liquid Limit.

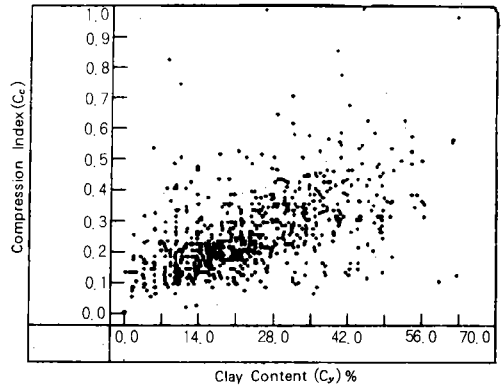


Fig. 16. Relationship between Compression Index and Clay Content.

粘土含有量이 增加함에 따라 初期空隙比가 增加하는 傾向을 나타내는데 이는 尹52)의 研究와 類似하다.

Fig. 13은 自然含水比(W_n)와 初期空隙比의 關係를 圖示한 것으로 $e_o = 0.024(W_n + 6.2)$ 의 直線關係式이 成立하는데 이는 金등의 關係式과 類似한 傾向을 보인다.16) 27) 31) 39) 47) 52) Fig. 14는 單位重量(r_t)과 初期空隙比(e_o)의 關係를 圖示한 것으로 單位重量이 增加함에 따라 初期空隙比가 減少하는 $e_o = \frac{1}{2.45(r_t - 1.39)}$ 의 逆의 關係式이

얻어진다. Fig. 15는 液性限界(LL)와 初期空隙比(e_o)의 關係를 圖示한 것으로 液性限界가 增加함에 따라 初期空隙比도 多少 增加하는 傾向이 있으나 大部分의 沖積粘土의 液性限界가 26~36%로 이에 대한 影響은 적은 것으로 判斷된다.

以上과 같은 關係를 考慮하여 初期空隙比와 粘土含有量, 液性限界, 自然含水比, 單位重量과의 關係를 重回歸分析을 하면 다음과 같은 關係式이 얻어진다.

$$e_o = 0.0003C_y + 0.0005LL + 0.0151W_n + \frac{3.58}{r_t} - 1.52 \dots \dots \dots (1)$$

(n=1040, $R^2 = 0.9893$, $F = 23868.9$)

아. 壓縮指數와 粘土含有量 液性限界 塑性指數 自然含水比 初期空隙比의 關係

沖積粘土層 위에 構造物을 築造하면 荷重에 의해 地盤 및 構造物이 沈下되는데 이때 沈下量은

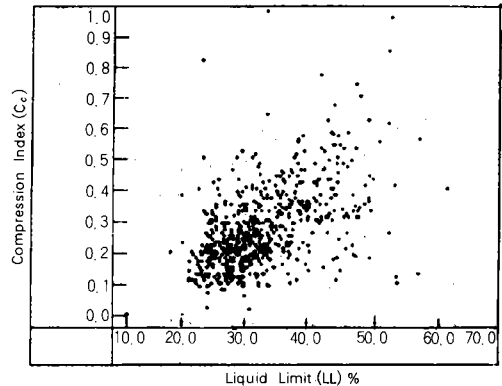


Fig. 17. Relationship between Compression Index and Liquid Limit.

構造物의 許容沈下量보다 작아야 된다. 따라서 沈下量을 正確하게 豫測하는 것은 매우 重要하므로 沈下量計算에 使用되는 土質定數를 바르게 選定하여야 한다.

Fig. 16은 粘土含有量(C_y)과 壓縮指數(C_c)의 關係를 圖示한 것으로 粘土含有量이 增加함에 따라 壓縮指數가 增加하는 傾向을 보이는데 散布度가 크게 나타난다.

Fig. 17은 液性限界(LL)와 壓縮指數의 關係를 圖示한 것으로 粘土含有量의 關係로 마찬가지로 散布度는 크지만 正比例關係가 成立한다. Fig. 18은 塑性指數(PI)와 壓縮指數의 關係를 圖示한 것이며, Fig. 19는 自然含水比(W_n)와 壓縮指數의 關係를 圖示한 것으로 이들도 分散性

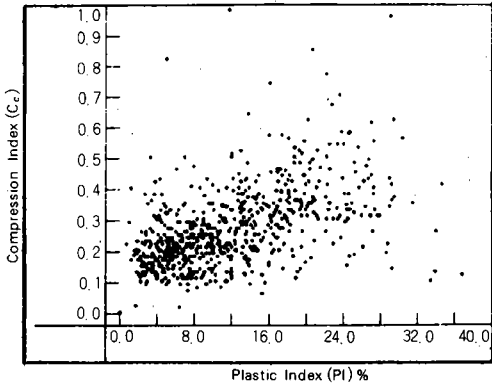


Fig. 18. Relationship between Compression Index and Plastic Index.

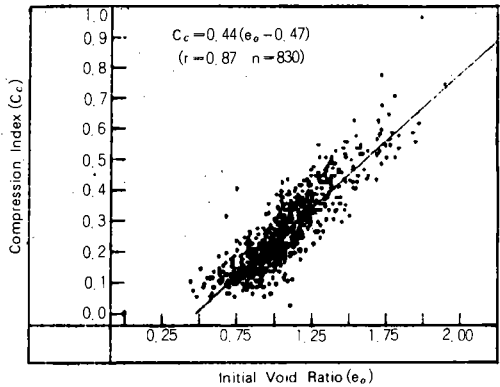


Fig. 20. Relationship between Compression Index and Initial Void Ratio.

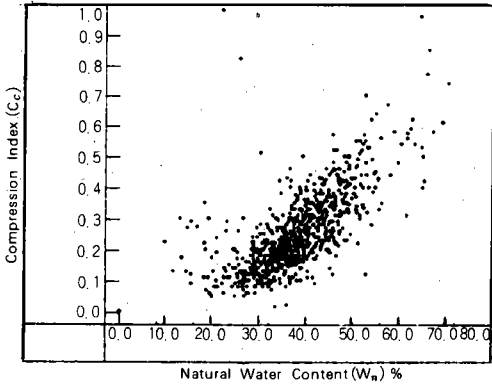


Fig. 19. Relationship between Compression Index and Natural Water Content.

은 크지만 正比例關係가 成立함을 알 수 있다.

Fig. 20은 初期空隙比(e_0)와 壓縮指數의 關係를 圖示한 것으로 $C_c = 0.44(e_0 - 0.47)$ 의 關係式이 成立하는데 이는 他地域 粘性土와 類似한 關係式을 나타낸다. 5) 14) 25) 31) 35) 38) 39) 43) 47) 51)

以上과 같이 壓縮指數와 粘土含有量, 液性限界, 塑性指數, 自然含水比, 初期空隙比의 關係를 多重回歸關係로 分析하면 다음의 關係式이 얻어진다.

$$C_c = 0.001 C_y + 0.002 LL + 0.001 PI + 0.005 W_n + 0.193 e_0 - 0.224 \dots \dots \dots (2)$$

$$(n=679 \quad R^2=0.721 \quad F=145.9)$$

이상의 모든 資料는 1976년부터 最近까지 實施

한 牙山灣地域内の 沖積粘土層에 對한 現場調査 및 室内試驗을 通하여 얻은 1383點의 試驗結果를 가지고 統計分析을 實施한 것으로 本地區에 關聯된 모든 建設事業에 다소나마 도움이 될 수 있기를 기대한다.

IV. 結 論

本 研究는 牙山灣地域에 分布하는 沖積粘土의 土質特性 및 土質定數의 相關性을 究明한 것으로 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 粒度分布는 粘土 12~32%, 실트 46~73%, 모래 2~23%範圍이며, consistency特性인 液性限界 26~36%, 塑性限界 18~21%, 塑性指數 6~16%이고 土粒子의 比重이 2.66~2.70으로 대부분 塑性圖上 A-線 위에 位置하는 低塑性 無機質粘土에 屬한다.

2. 自然含水比는 30~43%, 單位重量 1.75~1.87g/cm³로 自然含水比가 增加함에 따라 單位重量은 減少하며, 初期空隙比 0.87~1.19程度이며 飽和度가 92~100%로 거의 飽和되어 있다.

3. 貫入抵抗(q_c)은 대부분 2.4~6.5kg/cm²程度로 軟弱한 狀態이며 深度(Z)에 따라 增加하는데 $q_c = 0.74Z + 1.32$ 의 關係式이 成立한다.

4. 一軸壓縮強度(q_u)는 0.18~0.43kg/cm²程度이고 三軸壓縮試驗時 UU-Test條件에서 粘着力(C_u) 0.10~0.22kg/cm², 흙의 内部摩擦角(ϕ_u) 2~6°이며, CU-Test條件에서 粘着力(C_{cu}) 0.08~0.30kg/cm², 흙의 内部摩擦角(ϕ_{cu}) 12~18°이다.

5. 壓密特性中 先行壓密荷重 (P_c)은 0.40~0.80kg/cm², 壓縮指數 (C_c)는 0.17~0.33 程度이다.

6. Consistency 特性中 液性限界 (LL) 및 塑性指數 (PI)는 粘土含有量 (C_y)이 增加함에 따라 增加하나 塑性限界 (PL)는 거의 一定한 값을 가지며, 대부분의 沖積粘土가 現場含水比가 液性限界보다 큰 普通粘土 내지 非活性粘土에 屬하며 이들 사이에 다음 關係式이 成立한다.

$$LL = 0.38(C_y + 58.4)$$

$$PI = 0.836(LL - 17.8)$$

$$PI = 0.468C_y - 0.48$$

7. 初期空隙比 (e_0)는 粘土含有量 (C_y), 自然含水比 (W_n), 液性限界 (LL)와는 正의 相關이 있고 單位重量 (r_t)과는 逆의 相關이 있으며 다음의 關係式이 成立한다.

$$e_0 = 0.024(W_n + 6.2)$$

$$e_0 = \frac{1}{2.45(r_t - 1.39)}$$

$$e_0 = 0.0003C_y + 0.0005LL + 0.0151W_n + \frac{3.58}{r_t} - 1.52$$

8. 壓縮指數 (C_c)는 粘土含有量 (C_y), 液性限界 (LL), 塑性指數 (PI), 自然含水比 (W_n), 初期空隙比 (e_0)와 正의 相關이 있으며 다음의 關係式이 成立한다.

$$C_c = 0.44(e_0 - 0.47)$$

$$C_c = 0.001C_y + 0.002LL + 0.001PI + 0.005W_n + 0.193e_0 - 0.224$$

本 研究는 韓國科學財團의 研究費支援에 의 하여 遂行되었음.

參 考 文 獻

1. Benjamin, J. R., C. A. Cornell(1970); Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers, McGraw-Hill, pp.684.
2. Bowles, D. S., and Hon-Yim Ko (1984); Probabilistic Characterization of Soil Properties, A. S. C. E., G. E. D. pp.182.
3. 邊普燁(1965); 蔚山港 海底 滯積層 粘土의 指數의 特性에 關하여, 大韓土木學會誌, Vol. 13 No. 1, pp. 2~16.
4. ——— (1972); 韓國主要港灣의 沖積土의 指數的 性質에 關한 研究, 大韓土木學會誌 創立二十周年記念論文集, pp. 1~18.
5. Cozzolino, E. V. M(1961); Statistical Forecasting of Compression Index, proc of the 5th I. C. S. M. F. E. Vol.1 part 5, pp. 55~53.
6. 谷口秀男(1962); 留萌港基層粘土의 工學的 性質について, 土と基礎, Vol.10 No. 1, pp. 19~27.
7. 都德鉉, 李成泰, 姜入默(1983); 陸上 및 港灣地域土의 壓密特性值의 相關性, 韓國農工學會誌, Vol.25 No. 4 pp.50~60.
8. 藤本 廣(1962); 宮崎県外浦港海 底滯積層粘土의 指數的 特性について, 土と基礎, Vol. 10, No. 5, pp.12~16.
9. 稻田倍穗, 持永龍一即(1962); 大垣軟弱 地盤의 性質について (その1), 土と基礎, Vol. 10, No. 6, pp.10~14.
10. 稻田倍穗, 持永龍一即(1962); 大垣軟弱 地盤의 性質について (その2), 土と基礎, Vol. 10, No. 7, pp.23~30.
11. 土質工學會(1979); 土質試驗法, pp.757.
12. 土質工學會(1982); 土質調査法, pp.229~249.
13. 泰柄益, 千柄植(1977); A. Casagrande의 塑性圖에 關한 實驗的 研究, 大韓土木學會誌, Vol. 25, No. 2, pp.85~94.
14. 桃島 孝, 油田敬吾(1969); 有明軟弱土에 ける 壓密特性值의 相關性について, 土と基礎, Vol. 17, No. 1, pp.39~42.
15. 姜秉熙(1977); 粘土의 剪斷強度와 에트버그 限界와의 關係, 大韓土木學會論文集, Vol.25, No. 3, pp.119~126.
16. 金浩一, 姜柄益, 柳基松(1984); 大佛干拓地 沖積粘土의 工學的 特性에 關한 研究, 韓國農工學會誌, Vol.26, No. 1, pp.29~37.
17. 金周範(1974); 河成堆積層地盤 調査 結果, 韓國農工學會誌, Vol. 16, No. 4, pp.67~72.
18. 金周範, 柳基松(1977); 浦項沖積粘土의 物理的 性質, 韓國農工學會誌, Vol.19, No. 4, pp.17~22.
19. 金周範, 柳基松, 金浩一(1983); 더치콘(Dutch Cone) 貫入試驗에 對하여, 韓國農工學會誌, Vol. 25, No. 2, pp.25~33.
20. 金宇哲外 7人(1985); 現代統計學, 英文化社,

- pp. 414.
21. 高在敏(1986); 沖積土의 土質定數와 強度와의 相關性에 관한 研究, 忠南大學校, 大學院, 碩士學位論文, pp. 39.
 22. 한국동력자원연구소(1982); 한국의 지질, pp. 128.
 23. 甲本達也, 加来 研(1984); 鋭敏性粘土 地盤におけるコーン支持力の理論的解析, 土質工學會論文報告集, Vol. 24, No. 2, pp. 145~152.
 24. 桑原 徹(1966); 沖積層の土質工學的性質とその意義, 第四紀研究, Vol. 5 No. 3~4, pp. 121~138.
 25. 桑原 徹, 堀内孝英(1966); 名古屋市南部の軟弱粘性土の性質について, 名城大學理工學部研究報告, 第7號, pp. 34~59.
 26. Lambe, T. W. and R. V. Whitman(1979); Soil Mechanics, John Wiley & Sons, p. 29~92.
 27. 林炳祚(1968); n The Presumption of The Properties of Consolidation and Permeability of Clay in Korea, 大韓土木學會誌, Vol. 15, No. 4, pp. 27~35.
 28. 三瀬 貞, 山田 優, 岡 巖(1971); 過壓密粘土の除荷, 再載荷過程の經驗的 評價, 土と基礎, Vol. 19, No. 5, pp. 3~7.
 29. 村山朔郎, 赤井浩一, 植下 協(1958); 大阪洪積層粘土の工學的特性, 土と基礎, No. 28, pp. 39~47.
 30. 長堀金造, 佐藤晃一, 荻野芳彦(1974); 笠岡干拓予定地へドロ(海底粘土)の基礎的存性質について, 農業土木學會誌, Vol. 42, No. 11, pp. 741~746.
 31. 魯宗九(1985); 高興沖積粘土 土質定數間の相關性에 관한 研究, 東國大學校 大學院, 碩士學位論文, pp. 4 2.
 32. Noorany, I and F. J. Gizienski (1970); Engineering Properties of Submarine Soils, A. S. C. E. J. S. M. F. D. Vol. 96, No. SM 5, pp. 1735~1762.
 33. Norris, G. M. and R. D. Holtz(1981); Cone Penetration Testing and Experience, A. S. C. E., G. E. D. pp. 479.
 34. Ohsaki, Y. (1957); Geotechnical Properties of Kanto-Loan & Its Anisotropy, 建築研究報告 No. 21, pp. 1~14.
 35. 鬼塚克忠, 吉武茂樹(1985); 有明粘土の壓縮指數と物理的性質の間の相關, 土と基礎, Vol. 33, No. 4, pp. 57~59.
 36. 小沢政司(1971); 港湾構造物設計基準に關する 2, 3の意見, 土と基礎, Vol. 19, No. 4, pp. 31~37.
 37. 朴聖炫(1985); 統計資料分析, 博英社, pp. 19~30.
 38. 柳基松, 金始源(1978); 沖積粘土의 土質工學的諸性狀에 관한 研究, 韓國農工學會誌, Vol. 20, No. 4, pp. 37~43.
 39. 柳能桓, 柳然澤(1985); 嶺東地域有機質土의 特性에 관한 研究, 韓國農工學會誌, Vol. 27, No. 1, pp. 77~85.
 40. 沢田敏男, 鳥山晃司(1965); 壓密諸係數に關する一考察, 土と基礎, Vol. 13, No. 9, pp. 19~22.
 41. Seed, H. B., R. J. Woodward and R. Lundgren(1964); Clay Mineralogical Aspects of the Atterberg Limits, A. S. C. E., J. S. M. F. D., Vol. 90, No. SM 4, pp. 107~131.
 42. Seed, H. B., R. J. Woodward and R. Lundgren(1964); Fundamental Aspects of the Atterberg Limits, A. S. C. E., J. S. M. F. D., Vol. 90, No. SM 6 pp. 75~105.
 43. 植下 協(1964); 沖積層粘土の壓縮指數と液性限界おとひ間
限界および間げき比との關係について, 第19回土木學會講演概要, 第4部, pp. 41-1~41-2.
 44. 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の相關性, 土質工學會, 第10回シンポジウム, pp. 141~146.
 45. 鈴木好一, 大崎順彦, 荒木春視(1966); 粘性土における土質常數値の相關性(N値との關係), 土質工學會, 第11回土質工學シンポジウム 發表論文集, pp. 13~18.
 46. 土田 孝, 小林正樹, 小野寺駿一(1985); 大阪灣泉州沖海底地盤の也ん斷特性, 土と基礎, Vol. 33, No. 3, pp. 15~20.
 47. 渡辺進(1974); 土の諸定間の關係, 鉄道技術研究報告, No. 933, pp. 1~34.
 48. 山田剛二, 今井重利(1971); 塑性圖上における土の性質分布, 土と基礎, Vol. 19, No. 5,

- pp. 15~22.
49. 山口英太郎, 營原吉秋, 難波直彦, 滿田雅男, 岡見, 永石義隆, 中村六史(1957); 有明海沖積粘土の土質に関する研究, 九州農業試験場彙報, 第5卷 第2號, pp. 129~144.
 50. 山口英太郎, 難波直彦, 岡見, 永石義隆, 村岡嘉邦(1959); 不知火海沖積粘土の土質について, 九州農業試験場彙報, 第5卷, 第4號, pp. 349~358.
 51. _____, _____, _____, _____, _____ (1964); 有明海干拓地基礎地盤の土質に関する調査研究, 農業土木試験場報告, 第2號, pp. 509~566.
 52. 尹忠燮, 柳基松, 趙炳辰(1983); 榮山江干拓地沖積土の物理的特性, 慶尚大學校論文集(理工系篇), 第22輯, pp. 107~113.
 53. Youssef, M. S., A. H. EL RAMLI and M. EL Demery(1961); Relationships between shear Strength, Consolidation Liquid Limit, and Plastic Limit for Remoulded clays, Proc. of the 5th I. C. S. M. F. E. Vol. 1 part 5, pp. 126~129.