

# 蟾津江河口流域의 沖積粘土에 對한 土質工學的 特性研究( I )

Studies on the Engineering Characteristics of Alluvial Clayey  
Deposits in the Estuary Area of Seomjin River (I)

柳 能 桓 \*  
Ryu, Neung-Hwan

柳 然 澤 \*\*  
Ryu, Yean-Taek

朴 承 範 \*\*\*  
Park, Seung-Beom

---

## Abstract

This is a part of research projects to investigate the several significant statistical correlations among the various physical and engineering properties of alluvial clayey deposits in the estuary area of the great six rivers through the South-West coastal districts where are expected to be developed as large industrial site or agricultural development projects.

As a first trial, the statistical analyses through computer programs were carried out using the results of laboratory and field tests of 227 soil samples from the Seum-Jin river area.

When the initial void ratio which plays crucial role to the settlement of foundation is more than 2.5, the compression indices of soil samples are remarkably scattered, but these indices, which are formulated as a general expression, tend to increase as increasing the clay content, liquid limit, plastic limit and initial void ratio.

## 要 旨

本 研究는 將次 大規模工業團地 및 農業開發計劃이 豫想되는 우리나라 西南海岸의 六大河口 地域의 沖積粘土를 對象으로하여 그의 物理的 性質과 工學的 性質을 把握하고 이들 相互關係를 統計的으로 推測하기 爲한 研究의 一環으로서, 그의 第一報로 蟾津江 流域에서 227點의 試料를 採取하고 室內 및 現場 試驗을 通하여 그들의 緒性質을 求하고 이들 關係를 Computer program에 의하여 統計 分析한 結果,

基礎地盤의 沈下에 決定的 役割을 하는 初期間隙比가 2.5以上으로 하면 壓縮指數는 分散性이 크게 되나, 粘土의 含量, 液性限界, 塑性限界 및 初期間隙比의 增加에 따라서 增加되는 一般式으로 表示할 수 있었다.

---

\* 正會員, 江原大學校 農科大學 農工學科

\*\* 正會員, 農業振興公社

\*\*\* 忠南大學校 工科大學 土木工學科

# 1. 序 論

蟾津江은 全羅北道 長水郡 八公山에서 發源하여 延長 212km, 流域面積 4896km<sup>2</sup>로 谷城 求禮 河東을 지나 南海岸 光陽灣으로 流入된다. 이 地域은 地質學的으로 智異山變成岩複合體이며 海岸部는 堆積岩類인 新同層群의 地質分布를 하고 있다.<sup>22)</sup> 더우기 光陽灣은 光陽製鐵所 河泗地區農業綜合開發事業等 大單位 建設工事が 활발히 進行되고 있는 地域이다.

또한 諸般 土木工事中서 尙상 問題가 되는 것은 各種 土木構造物의 基礎 地盤에 分布하는 軟弱地盤으로서 本 地域에 넓게 分布하는 沖積粘土의 諸般 土質特性을 파악하여 各種 構造物에 의해 傳達되는 荷重에 대한 地盤의 支持力 및 沈下量을 事전에 豫測하여 對處하면 보다 安全하고 經濟的인 構造物의 築造가 可能할 것이다. 따라서 今回研究에서는 蟾津江 河口地域에 分布하는 沖積粘土의 物理的 特性과 工學的 諸特性을 調查, 分析하고 土質定數間의 相關性을 究明코저 試圖한 第一報로써 次後에는 漢江, 插橋川, 錦江, 榮山江, 洛東江 河口地域을 包含한 西南海岸으로 流入하는 六大河川의 河口流域에 걸쳐서 散在한 沖積粘性土의 土質力學的 特性을 相互比較分析하므로써 既施工된 産業基地 및 大規模 農業開發事業의 現場維持 管理 및 앞으로 豫想되는 各種 建設工事の 設計 施工 및 管理를 爲한 하나의 指針을 마련코저 한다.

## 2. 實驗材料 및 實驗方法

### 2.1 實驗材料

本 研究에 使用된 試料는 南海岸 蟾津江 河口인 光陽灣 一帶에 分布하는 沖積粘土層 地下 0.5~7.0m(地下水位에 倒着할때 까지 굴착)에서 採取한 227點의 不攪亂試料를 對象으로 하였으며 現場調查時 使用된 手動式 Dutch Cone(貫入能力 : 5.5t)으로 큰 貫入抵抗을 測定하고 Screw Sampler(D=72mm, L=400mm)로 試料를 採取하여 흙의 諸性傾을 測定하여 그의

一般的인 特性과 各 土質定數間의 相關性을 中心으로 하여 比較分析 하였다.

### 2.2 實驗材料의 分布 方法

諸般 土質定數를 整理하여 電算入力시키고, 各各의 土質定數의 特性을 調查하기 爲하여 基本的인 統計分析을 實施하고,<sup>37)</sup> 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 單純回歸分析을 하였다.<sup>20)</sup> 單純回歸分析 結果를 다시 綜合的으로 分析하여 2個 以上의 定數間에 相關性이 認定되면 變數變換을 通하여 重回歸分析을 實施하였으며 모든 分析材料는 F-檢定, T-檢定 等を 使用하여 有意性을 檢定하였다.<sup>20)</sup>

따라서 本 分析方法을 Flow-chart로 表示하면 Fig.1와 같다

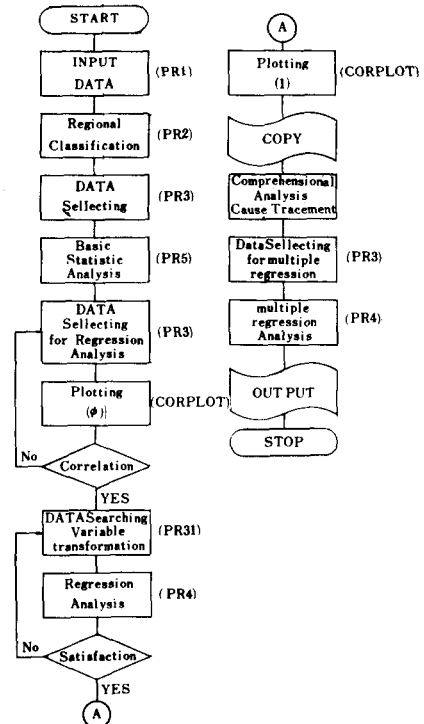


Fig. 1 Flow chart for soil test results analysis.

## 3. 實驗結果의 分析 및 考察

### 3.1 土質定數의 統計的 性質

Table 1. Basic statistics of soil test results in SEOMJIN area

Soil Parameters	Depth m	grain size Analysis			consistency			specific gravity Gs	natural water contents Wn %	unit weight rt g/cm <sup>3</sup>	void ratio e	saturation % %	unconfined comp. strength qu kg/cm <sup>2</sup>	consolidation test			cone resistance qc kg/cm <sup>2</sup>
		clay <5 $\mu$ %	silt 5 $\mu$ ~74 $\mu$ %	sand >74 $\mu$ %	LL %	PL %	PI %							void ratio e <sub>0</sub>	preconsolidation load p.kg/cm <sup>2</sup>	compression index c <sub>c</sub>	
No. of Data(n)	219	221	225	225	176	176	176	224	224	212	212	210	39	141	136	141	128
Maximum Value(Xmax)	18.55	68.80	79.80	92.20	60.30	31.60	33.70	2.731	122.90	1.932	3.415	119.30	0.388	3.503	1.80	1.92	17.0
Minimum Value(Xmin)	0.30	1.20	4.00	0.60	23.10	14.50	2.30	2.590	15.90	1.218	0.743	52.75	0.040	0.449	0.19	0.10	0.7
Range (Xmax-Xmin)	18.25	67.60	75.80	91.60	37.20	17.10	31.40	0.141	107.00	0.714	2.672	66.55	0.348	3.054	1.61	1.82	16.3
Mean ( $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ )	6.20	35.20	44.30	20.03	44.04	23.58	20.52	2.686	61.90	1.625	1.721	95.96	0.166	1.877	0.566	0.655	3.91
Median (Q <sub>2</sub> )	4.40	34.20	43.30	8.50	46.25	23.30	22.55	2.687	60.50	1.583	1.720	96.83	0.156	1.789	0.420	0.570	3.30
Variance ( $\sigma^2$ )	27.39	332.42	220.08	522.08	88.53	10.16	57.72	0.0006	525.08	0.0195	0.340	80.02	0.009	0.331	0.141	0.111	6.978
Standard Deviation( $\sigma$ )	5.23	18.23	14.84	22.85	9.41	3.19	7.60	0.0254	22.91	0.1396	0.583	8.95	0.093	0.575	0.376	0.334	2.642
Mean Deviation( $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n  X_i - \bar{X} $ )	4.43	15.21	12.04	18.86	8.07	2.57	6.45	0.0178	18.53	0.1171	0.474	5.80	0.075	0.451	0.282	0.255	1.657
Coeff. of variation ( $\frac{\sigma}{\bar{X}}$ )	0.844	0.518	0.335	1.141	0.214	0.135	0.370	0.0094	0.370	0.0859	0.339	0.093	0.560	0.306	0.664	0.509	0.675
Standard Error of Mean( $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ )	0.354	1.227	0.989	1.523	0.709	0.240	0.573	0.0017	1.531	0.0096	0.040	0.617	0.015	0.048	0.032	0.028	0.234
Skewness ( $\frac{m_3}{\sigma^3}$ )	0.769	0.090	-0.149	0.474	-0.372	-0.081	-0.447	-15.492	0.294	0.336	0.417	-1.632	0.634	0.485	1.629	1.093	2.655
Kurtosis ( $\frac{m_4}{\sigma^4} - 3$ )	-0.659	-1.045	-0.484	1.264	-0.971	-0.117	-0.950	1527.80	-0.403	-0.242	-0.344	6.787	-0.464	-0.023	2.112	1.488	8.414
Lower Quartile (Q <sub>1</sub> )	2.00	20.20	34.20	3.30	35.90	21.60	13.80	2.673	44.60	1.523	1.239	92.14	0.080	1.463	0.320	0.44	2.5
Upper Quartile (Q <sub>3</sub> )	9.60	49.40	56.50	34.10	51.80	26.30	26.60	2.703	77.80	1.720	2.068	100.22	0.175	2.165	0.700	0.81	4.4
Quartile Range (Q <sub>3</sub> -Q <sub>1</sub> )	7.60	29.20	22.30	30.80	15.90	4.70	12.80	0.030	33.20	0.197	0.829	8.08	0.095	0.702	0.380	0.37	1.9

測定된 土質定數의 誤差의 原因으로는 實際 土質特性의 多樣性, 試料採取方法, 試驗方法, 試驗結果解析時 模型化의 差異 등으로 本來의 特性値와 다른 값을 나타내는 경우가 많다.<sup>2)</sup> 따라서 試驗結果를 그대로 믿고 設計와 施工을 하면 많은 問題點이 생기게 된다. 더우기 經濟的인 問題로 충분한 試料採取가 어려운 경우에는 試驗結果를 解析하는데 세심한 注意가 要求된다. 예를 들면 有機質土와 같이 分散이 잘 되지 않는 粘土에 適切한 分散劑를 使用하지 않으면 精確한 粒度分析結果를 얻을 수 없으며 實際로 많은 試驗結果를 接하는 경우에 結果値에 疑問이 가는 경우가 자주 있다. 또한 土粒子의 比重은 다른 土質定數를 計算하는데 重要な 값이나 測定上 많은 問題點이 있어 定確한 測定値를 期待하기 어려워 飽和度가 100%以上의 값으로 주어지는 경우가 있다. consistency 試驗 등은 試料의 乾燥에 의한 影響이나 試料 調製法에 의해 많은 影響을 받으며 試驗法上 試驗者에 의한 個人差도 상당히 크다. 더우기 複雜한 裝置나 挾術을 要하는 力學試驗은 測定法의 差나 다른 原因에 의한 測定結果의 差가 생기는 것을 考慮하지 않으면 안된다. 事實 같은 方法으로 調整한 試料에 대해서도 測定値의 差異가 생기는데 再現性이 나쁜 試料에서는 더욱 問題가 된다. 또 不攪亂試料인 경우 試料의 採取方法이나 技術의 取扱方法에 의해 測定結果에 상당한 差異가 생기며 試料에 局部的으로 含有된 挫雜物에 의한 影響도 무시할 수 없다.

이와같은 問題가 항상 內在하는 것을 염두에 두고 各種 試驗結果를 取扱하지 않으면 안된다.

### 3.2. 沖積粘土의 土質特性

本 地域 沖積粘土의 土質特性은 表-1과 같으며 이들 各各의 土質定數를 보다 구체적으로 記述하면 다음과 같다.

#### 3.2.1 粒度分布

沖積粘土는 新生代 第四紀 以後에 沈積한 地層으로서 아직 固結되지 않은 狀態로 存在하며 粘土의 含有量이 20~50%, 실트의 含有量이 30~60%, 모래가 0~30% 程度로 各各의 平均値는 粘土가 35%, 실트가 44%, 모래가 20

%이다.

#### 3.2.2 Consistency

Consistency 特性은 液性限界, 塑性限界, 塑性指數 등으로 規定되는데 본 地域의 沖積粘土에서는 液性限界는 36~52%(平均: 44%), 塑性限界는 21~26%(平均: 24%), 塑性指數는 13~27%(平均: 20%)로 나타내며 各各의 變動係數가 0.21, 0.14, 0.37로 試驗結果値의 分散性은 塑性指數, 液性限界, 塑性限界 順으로 나타났다.

#### 3.2.3 比重

本 沖積粘土의 比重은 2.65~2.71 程度(平均: 2.68)로 一般의인 粘土의 比重과 類似하므로 有機物과 같은 不純物은 그다치 含有하지 않는 것으로 생각된다.

#### 3.2.4 自然含水量, 單位重量, 空隙比, 飽和度

本 沖積粘土의 自然含水比는 45~80%(平均: 62%)이며 現場單位重量은 1.5~1.7g/cm<sup>3</sup>(平均: 1.62g/cm<sup>3</sup>)이다. 또한 空隙比는 1.2~2.1(平均: 1.7)이며 飽和度는 92~100%(平均: 96%)이다. 計算結果에서 飽和度가 100%以上의 값을 나타내는 경우가 있는데 이는 單位重量, 比重 등을 測定時 생긴 誤差에 起因되는 것으로 생각된다.

#### 3.2.5 一軸壓縮強度, 콘貫入抵抗

一軸壓縮強度(qu)는 0.08~0.18kg/cm<sup>2</sup>(平均: 0.16kg/cm<sup>2</sup>) 程度의 값을 가지며, 콘貫入抵抗은 2~5kg/cm<sup>2</sup>(平均: 4kg/cm<sup>2</sup>) 程度의 값을 갖는 매우 軟弱한 沖積粘土地盤임을 알 수 있다.

#### 3.2.6 壓密特性

壓密特性은 初期空隙比, 先行壓密荷重, 壓縮指數 등으로 規定되며 本 沖積土에서는 先行壓密荷重은 0.3~0.7kg/cm<sup>2</sup>(平均: 0.56kg/cm<sup>2</sup>) 程度이며 壓縮指數는 0.4~0.8(平均: 0.65) 程度로 나타난다.

### 3.3. 土質定數間의 相關性 考察

#### 3.3.1 地盤深度와 콘貫入抵抗(qc)

Fig.2는 地盤深度에 대한 콘貫入抵抗을 나타낸 것으로 地盤深度가 增加함에 따라 貫入抵抗

이 증가하나 深度 13m 까지 콘貫入抵抗은 2~6 kg/cm<sup>2</sup>로 매우 軟弱한 地盤임을 알 수 있다. 一般的으로 金<sup>16)</sup> 등은 콘貫入抵抗과 深度와는 直線關係가 成立한다고 하였으며 이는 地盤 深度가 깊어질수록 上載荷重이 增加하여 地盤의 沖積土가 壓密되어 強度가 增加하기 때문이다. 또한 地盤深度 3m 以內에서는 콘貫入抵抗의 變動이 큰 것은 表土의 脫水現象이나 外力 등 環境變化가 심하 原因으로 생각된다.

### 3.3.2. Consistency 特性의 相關性

本 沖積粘土의 consistency 特性으로 塑性圖上에 나타나면 Fig. 3과 같이 A. Casagrande<sup>41)</sup>가 提案한 A-線( $PI = 0.73(L - 20)$ )보다 위에 위치하며  $PI = 0.76(LL - 17)$ 의 直線式이 成立한다. 따라서 本地域의 沖積土는 無機質의 中·高塑性 粘土임을 알 수 있으며 粘性土에서 塑性指數와 液性限界 사이에 直線關係가 成立하며 位置가 다른 他地域에서의 調查結果와도<sup>3) 4) 8) 13) 32) 40) 51)</sup> 一致한다. Fig. 4는 液性限界와 塑性限界와의 關係를 表示한 것으로 液性限界가 커짐에 따라 塑性限界도 다소 增加하나 거의 20~30% 範圍에 屬하는 것을 알 수 있다.

### 3.3.3. 粘土含有量과 Consistency 特性과의 關係

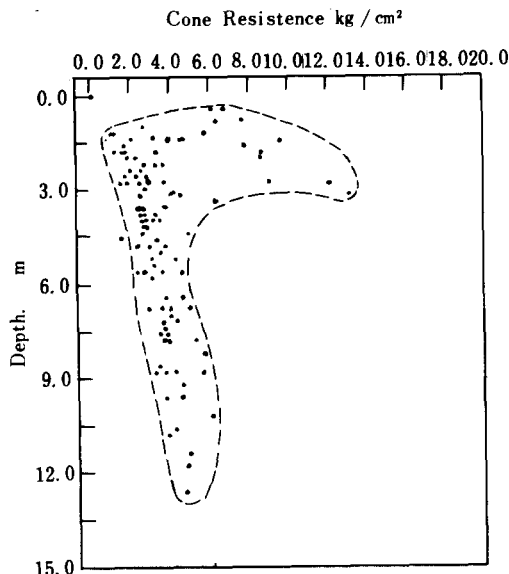


Fig. 2 Relationship between cone resistances and depths in Seomjin area

Fig. 5는 粘土含有量과 液性限界와의 關係를 나타낸 것으로  $LL = 0.45(Cy + 58.4)$ 의 直線關係가 成立하는데 Seed<sup>13, 16, 31, 41, 51)</sup> 등의 關係式과 類似한 關係式을 얻었다.

Fig. 6은 粘土含有量과 塑性限界와의 關係를 나타낸 것으로 粘土含有量이 增加하여도 塑性限界는 增加하지 않는데 이는 粘性土에서 흙이 갖고 있는 保水性은 粘土含有量보다 粘土鑛物의 種類가 重要한 것으로 생각된다.

Fig. 7은 本 沖積土의 活性度(Activity)를 알기 위하여 粘土含有量과 塑性指數와의 關係를 나타낸 것이다. 藤本<sup>8) 16) 31) 41) 51)</sup> 등은 上記土質定數間에 相關性이 認定된다고 하였으며 本沖積土에서도 粘土含有量이 많아짐에 따라 塑性指數도 增加하는 傾向을 보이나 그 變動이 매우 크며 圖表上 거의 普通粘土 내지 非活性粘土에 屬하는데 이는 粘土鑛物의 特性이 다른 것을 의미한다.

### 3.3.4. 粘土含有量과 比重과의 關係

Fig. 8은 粘土含有量과 土粒子의 比重과의 關係를 나타낸 것으로 粘土含有量이 增加함에 따라 다소 增加하는 傾向을 보이나 그 增加率은 완만하며 土粒子의 比重이 거의 2.65~2.71 範圍에 屬하는 것으로 보아 土粒子의 構成鑛物性分 및 結晶構造와 聯關이 깊은 것으로 推測되며 이에 關한 分析은 現在 本大學 材料工學 研究室에서 SEM 및 X-ray Diffractor에 의하

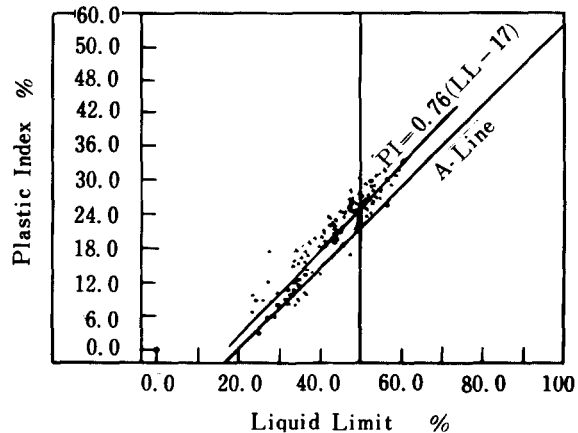


Fig. 3 Plasticity chart in Seomjin area.

여 研究中이므로 次後에 상세히 論하기로 한다.

### 3.3.5. 自然含水比와 液性限界와의 關係

Fig.9는 自然含水比와 液性限界와의 關係를 나타낸 것으로 대부분 自然含水比가 液性限界보다 큰 즉 液性指數(L.I)가 1보다 크므로 地盤이 매우 軟弱한 地盤임을 알 수 있다.

金<sup>18)</sup> 31) 52) 등은 自然含水比와 液性限界 사이에 正의 直線關係가 成立한다고 하였으나 本地域에서는 增加傾向만은 確認할 수 있으나 分散性이 크게 났다.

### 3.3.6. 單位重量과 現場含水比, 粘土含有量과의 關係

Fig. 10은 現場含水比와 單位重量과의 關係를 나타낸 것으로 含水比가 增加함에 따라 單位重量은 減少함을 알 수 있다. 錦木<sup>10, 16, 21, 27, 31, 38, 44, 45, 52)</sup> 등은 上記 두 定數間的 關係式을 유도하였으

며 本地區에서는 平均比重( $G_s$ )이 2.68이며 飽和度( $S_r$ )가 95% 이상인 것을 감안하면 圖表上에 나타낸 實線( $G_s = 2.68, S_r = 100\%$ 인 경우)에 거의 접하는 것을 알 수 있으므로 現場含水比만 測定 하여도 單位重量은 쉽게 推定할 수 있다.

Fig. 11은 粘土含有量과 單位重量의 關係를 나타낸 것으로 粘土含有量이 增加함에 따라 單位重量은 減少하는데 粘土含有量이 35%보다 많으면 減少率이 완만해지는데 이는 粘土含有量이 35%를 넘으면 細粒分이 主成分이 되어 흙의 構造가 變하는 것으로 생각된다.

### 3.3.7. 初期空隙比와 粘土含有量, 自然含水比, 單位重量, 液性限界와의 關係

Fig. 12는 粘土含有量에 대한 初期空隙比의 關係를 나타낸 것으로  $e_0 = 0.0212(Cy + 47)$ 의 直線關係가 成立하는데 이는 尹<sup>52)</sup>의 粘土含有

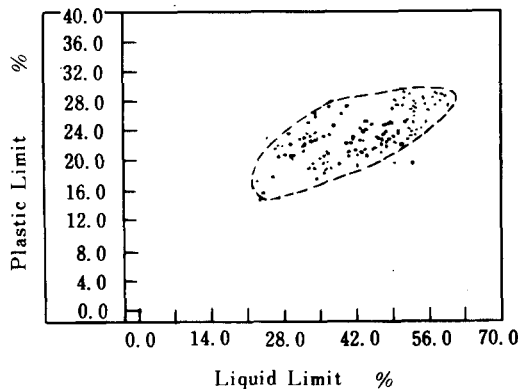


Fig. 4 Relationship between plastic limit and liquid limit in Seomjin area.

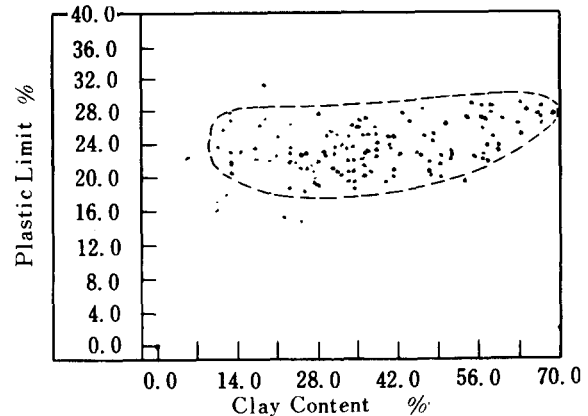


Fig. 6 Relationship between plastic limit and clay content in Seomjin area.

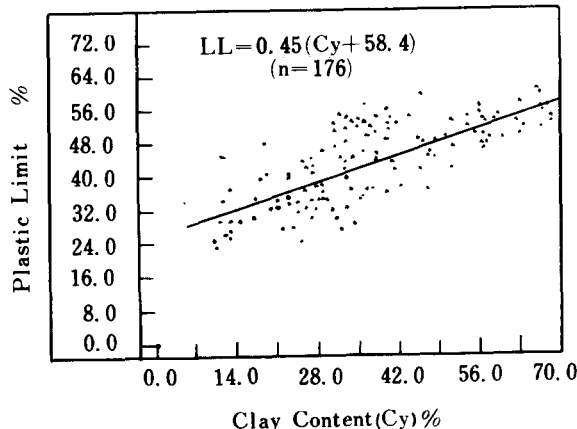


Fig. 5 Relationship between liquid limit and clay content in Seomjin area.

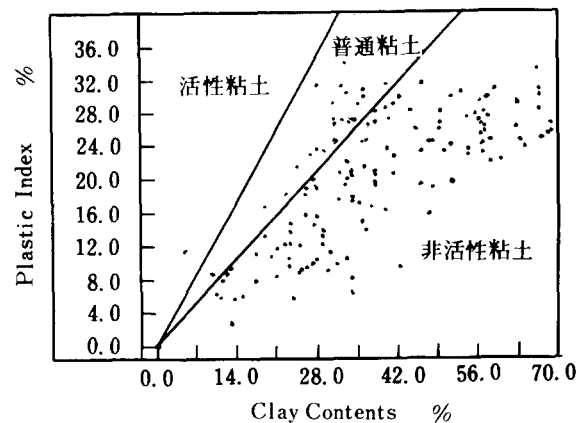


Fig. 7 Relationship between plastic index and clay content in Seomjin area.

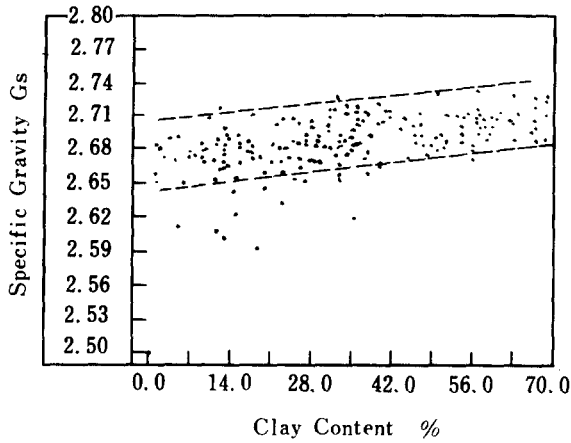


Fig. 8 Relationship between specific gravity and clay content in Seomjin area.

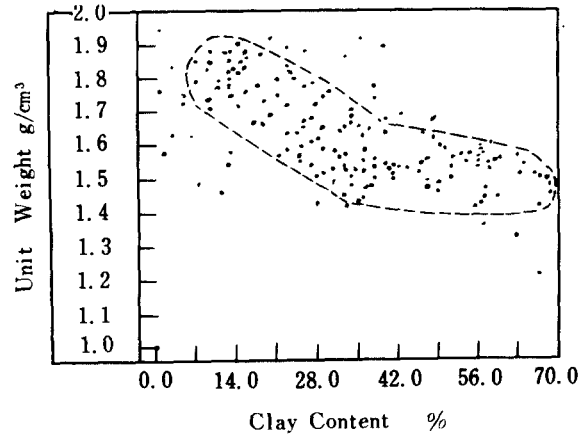


Fig. 11 Relationship between unit weight and clay content in Seomjin area.

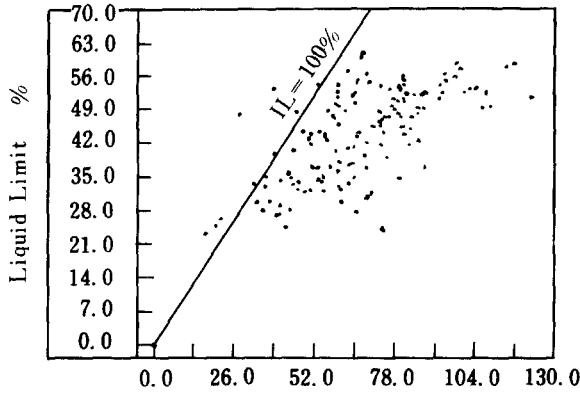


Fig. 9 Relationship between liquid limit and natural water content in Seomjin area.

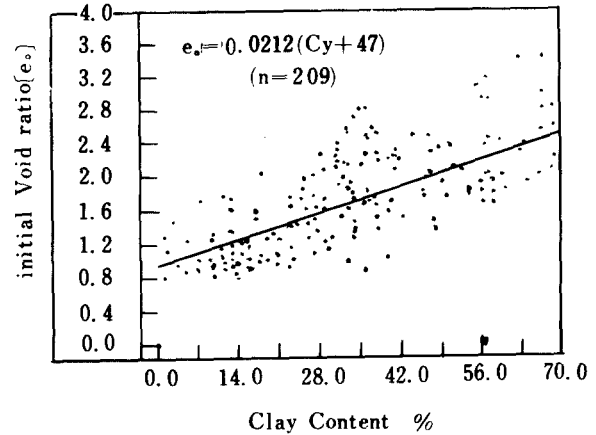


Fig. 12 Relationship between initial void ratio and clay content in Seomjin area.

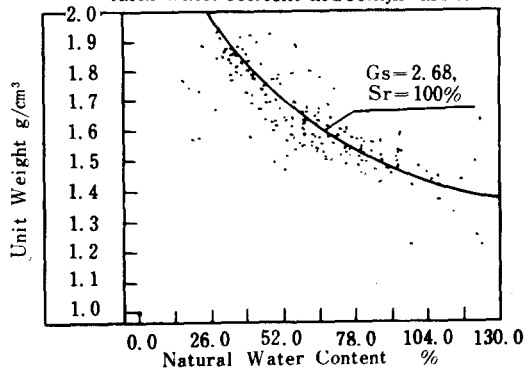


Fig. 10 Relationship between unit weight and natural water content in Seomjin area.

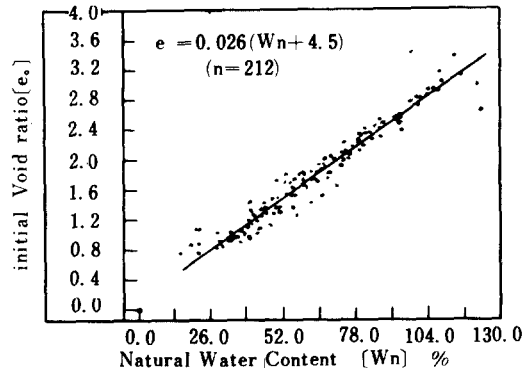


Fig. 13 Relationship between initial void ratio and natural water content in Seomjin area.

량이 증가함에 따라 初期空隙比가 커진다는關係와 類似한 結果를 얻었다.

Fig. 13은 自然含水比와 初期空隙比의 關係를 나타낸 것으로 상당히 良好한 關係式인  $e_0 = 0.$

$0.026(Wn + 4.5)$ 의 直線關係式을 얻을 수 있는데 이는 渡邊<sup>16, 27, 31, 39, 47, 52</sup> 등과 類似한 關係式을 나타낸다.

Fig. 14는 單位重量과 初期空隙比의 關係를

나타낸 것으로 單位重量이 增加함에 따라 初期空隙比는 減少하는 逆의 函數關係式인

$e_0 = \frac{1}{1.57(\gamma_t - 1.2)}$ 의 關係式이 얻어진다.

Fig.15는 液性限界와 初期空隙比의 關係를 나타낸 것으로 液性限界가 커짐에 따라 初期空隙比도 增加하는 關係를 알 수 있으나 關係式으로 나타낼 수 없는데 이는 液性限界試驗에 많은 問題點이 있음을 意味한다.

以上과 같이 初期空隙比는 粘土含有量, 自然含水比, 液性限界와의 正의 相關性이 있으며 單位重量과는 逆의 相關性이 있음을 알 수 있는데 이를 多重回歸關係로 檢討하면 다음과 같은 關係式을 얻을 수 있다.

$$e_0 = 0.0004Cy - 0.001.LL + 0.0183Wn + \frac{4.4}{\gamma_t} - 2.12 \dots \dots \dots (1)$$

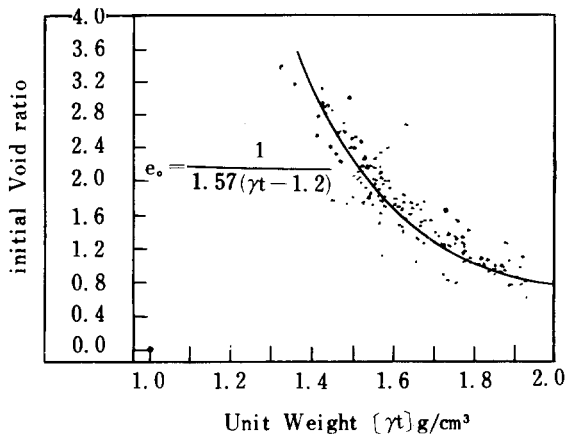


Fig. 14 Relationship between initial void ratio and unit weight in Seomjin area.

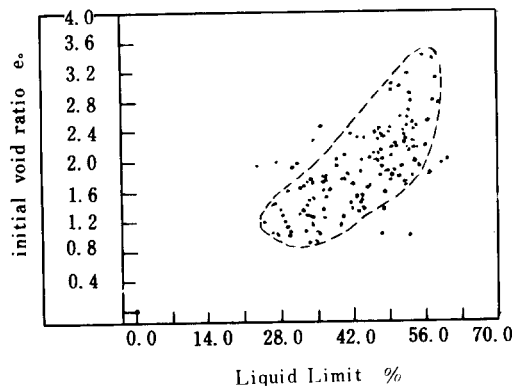


Fig. 15 Relationship between initial void ratio and unit weight in Seomjin area.

$$(n = 171, R^2 = 0.9981, F = 10648.4)$$

3.3.8. 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와의 關係

壓縮指數는 粘性土地盤 위에 構造物을 築造함에 따라 荷重에 의해 地盤의 沈下量을 計算하는데 必要한 土質定數로서 構造物의 安定性을 檢討하는데 매우 重要한 指數이다. Fig. 16은 粘土含有量이 커짐에 따라 壓縮指數의 變化狀態를 나타낸 것으로  $Cc = 0.0086Cy + 0.253$ 의 關係式이 成立하나 分散性이 큰 값을 갖는데 이는 粒度試驗에 많은 問題點을 內含하고 있음을 意味한다.

Fig.17은 液性限界와 壓縮指數의 關係를 나타낸 것으로 대부분이  $Cc = (0.009 \sim 0.035)$  ( $LL - 10$ ) 範圍內에 屬하는 것을 알 수 있다.

大崎 등의 直線關係式과는 다르게 나타나는

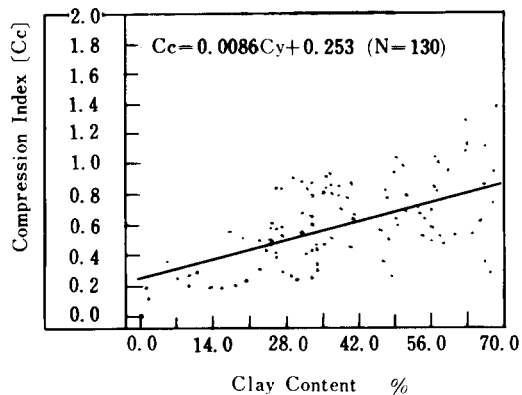


Fig. 16 Relationship between compression index and clay content in Seomjin area.

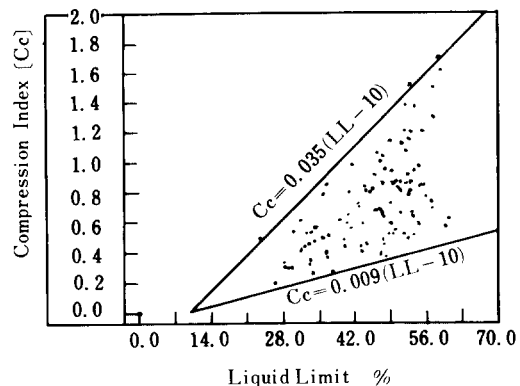


Fig. 17 Relationship between compression index and liquid limit in seomjin area



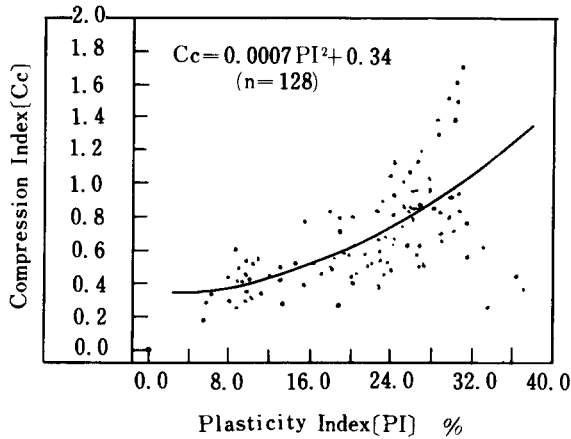


Fig. 18 Relationship between compression index and plasticity index in Seomjin area.

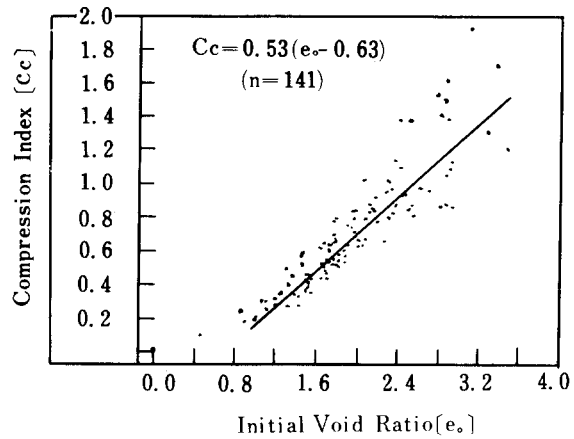


Fig. 20 Relationship between compression index and initial ratio in Seomjin area.

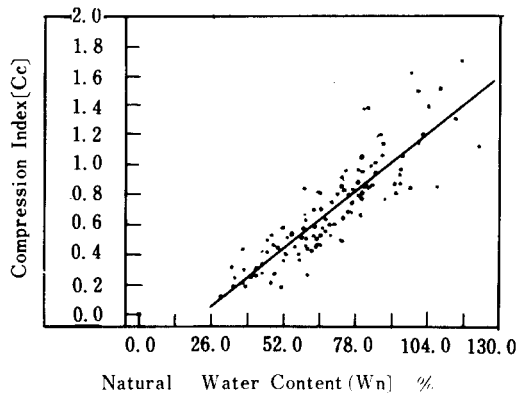


Fig. 19 Relationship between compression index and natural water content in Seomjin area.

데 이는 地域的인 特殊性도 있지만 液性限界試驗에 個人的인 誤差 등 試驗誤差가 큰 것을 意味하는 것으로 생각된다.

Fig. 18은 塑性指數와 壓縮指數와의 關係를 나타낸 것으로 塑性指數가 增加함에 따라 壓縮指數도 增加함을 알 수 있으며  $C_c = 0.0007PI^2 + 0.34$  關係式이 成立하는데 都<sup>7)</sup>의 關係式과 類似한 關係를 갖는데 分散性이 매우 큰 값을 갖는다.

Fig. 19은 自然含水比와 壓縮指數와의 關係를 나타낸 것으로 相關性이 큰 것을 알 수 있으며  $C_c = 0.015(W_n - 23)$ 의 關係式이 成立하는데 錦木<sup>27, 31, 35, 38, 39, 44)</sup> 등의 關係式과 類似한데 自然含水比가 100%를 넘으면 壓縮指數의 信賴性이 떨어지는데 이는 含水比가 높으면 粘性土가 流動狀態에 있어 外力 등에 의해 쉽게 變形되

어 取扱에 어려움이 많음을 의미한다.

Fig. 20은 初期空隙比와 壓縮指數와의 關係를 나타낸 것으로 空隙比가 增加함에 따라 壓縮指數도 增加하는데 5, 14, 25, 31, 35, 38, 39, 43, 47, 51)  $C_c = 0.53(e_0 - 0.63)$ 의 直線 關係式이 成立한다. 그러나 初期空隙比가 2.5 以上이 되면 壓縮指數值의 큰 變動을 가져오는 데 이는 空隙比가 크면 충격 등 外力에 의해 쉽게 變形되므로 取扱에 많은 어려움이 있음을 의미한다. 以上과 같이 壓縮指數는 粘土含有量, 液性限界, 塑性指數, 自然含水比, 初期空隙比가 增加함에 따라 增加하는 것을 알 수 있으며 이들 土質定數인, 점토함량, 액성한계, 함수비 및 초기간극비 사이의 關係를 重回歸關係로 分析하면 다음과 같은 關係式을 얻을 수 있다.

$$C_c = -0.002C_y + 0.001LL + 0.013W_n + 0.017e_0 - 0.30 \dots \dots \dots (2)$$

( $n=129$   $R^2=0.8607$ ,  $F=75.7$ )

### 3. 結論

蟾津江 河口地域인 光陽灣 周圍에 分布하는 沖積粘土의 土質特性 및 이들의 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 20~50%, 실트 30~60%, 모래 0~30% 範圍이며 consistency 特性인 液性限界 36~52%, 塑性限界 21~26% 塑性指數 13~27% 範圍로 中 또는 高塑性 無機

質粘土에 屬한다.

2. 土粒子的 比重은 2.65~2.71이고 自然含水比 45~80%, 單位重量 1.5~1.7g/cm<sup>3</sup>, 初期空隙比 1.2~2.1, 飽和度 92~100%로 거의 飽和된 狀態이다.

3. 一軸壓縮強度는 0.08~0.18kg/cm<sup>2</sup>, 貫入抵抗은 2~5kg/cm<sup>2</sup> 程度로 深度에 따라 多少 增加하지만 深度 13m 까지는 거의 均一한 地層狀態이다.

4. 壓密特性은 地盤深度와는 相關性이 없으며, 先行壓密荷重은 0.3~0.7kg/cm<sup>2</sup>, 壓縮指數 0.4~0.8 程度이다.

5. 液性限界(LL)는 粘土含有量(Cy)이 增加함에 따라 큰 값을 가지며 LL=0.45(Cy+58.58.4)의 關係式이 成立하며 塑性限界(PL)는 粘土含有量에 대한 影響이 적으므로 대부분 非活性粘土 또는 普通粘土에 屬한다.

6. 單位重量은 自然含水比와 粘土含量이 增加함에 따라 減少하며, 粘土含量이 35% 内外에서 單位重量의 減少率이 변하는데 이는 粘土含量이 35%를 넘으면 粘土分의 影響이 커져 흙의 構造가 변하는 것으로 생각되며, 대부분 自然含水比가 液性限界보다 높아 매우 軟弱하고 不安定한 地盤이다.

7. 初期空隙比(e<sub>0</sub>)는 粘土含有量(Cy), 自然含水比(Wn), 液性限界(LL)와는 正의 相關이 있고 單位重量(γt)와는 逆의 相關이 있으며 다음 關係式이 成立한다.

$$e_0 = 0.0212(Cy + 47)$$

$$e_0 = 0.026(Wn + 4.5)$$

$$e_0 = \frac{1}{1.57(\gamma t - 1.2)}$$

$$e_0 = 0.0004Cy - 0.001LL + 0.0183Wn +$$

$$\frac{4.4}{\gamma t} - 212$$

8. 壓縮指數(C<sub>c</sub>)는 粘土含有量(Cy), 液性限界(LL), 塑性指數(PI), 自然含水比(Wn), 初期空隙比(e<sub>0</sub>)와 正의 相關性이 있으며 다음의 關係式이 成立한다.

$$C_c = 0.0086Cy + 0.253$$

$$C_c = 0.0007PI^2 + 0.34$$

$$C_c = 0.015(Wn - 23)$$

$$C_c = 0.53(e_0 - 0.63)$$

$$C_c = 0.002.Cy + 0.001LL + 0.013Wn + 0.017e_0 - 0.30$$

※ 本研究는 江原大學校, 忠南大學校, 農業振興公社의 電算室協助下에 諸般資料를 處理하였고, 該當機關의 研究팀의 土質調查試驗結果를 根據로 하여 分析하였으며 또한 韓國科學財團의 研究費補助로 遂行되었음을 添言하며 關係機關의 參與者 여러분께 謝意를 表합니다.

#### 參 考 文 獻

1. Benjamin, J. R., C. A. Cornell(1970): Probability, Statistics, and Decision for Civil Engineers, McGraw-Hill, 2nd Edition, New York, pp. 684.
2. Bowles, D. S., 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 指數的 特性에 關하여 大韓土木學會誌, vol. 13 No. 1. pp. 2~16.
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. 5th I. C. S. M. F. E. vol. 1, part 5, pp. 51~53.
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, 姜八默(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 広(1962); 宮崎縣外浦港海 底滯積層粘土의 指數的 特性につくて, 土と基礎, vol. 10. No. 5, pp. 12~16.
9. 穗田倍稻, 特永龍一郎(1962); 大垣軟弱地盤의 性質につくて·(えの1), 土と基礎, vol. 10.No. 6, pp. 10~14.
10. 稲田倍穗, 特永龍一郎(1962); 大垣軟弱地盤의 性質につくて, (えの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. 秦柄益, 千柄植(1977); A. Casagrande의 塑性圖에 관한 實驗的 研究, 大韓土木學會誌, vol. 25. No. 2, pp. 85~94.
  14. 椛島 孝, 油田敬吾(1969); 有明軟弱土にあける 壓密特性値の相關性につくて, 土と基礎, vol.17 No. 1, pp. 39~42.
  15. 姜秉熙(1977); 粘土의 剪斷強度와 애트버그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, 秦柄益, 柳基松(1984), 大佛干拓地 沖積粘土の 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); 더치 콘(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, 英志文化社, pp. 414.
  21. 高在敏(1986); 沖積土의 土質定數와 強度와의 相關性에 關한 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. 128.
  23. 甲本達也, 加來 研(1984); 鋭敏性粘土地盤にわける コーソ支持力の 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 性質とちの 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くて, 名城大學 理工學部研究報告, 第7號, pp. 34~59.
  26. Lambe, T. W., R. V. Whitman(1979); Soil Mechanics, John Wiley & Sons, pp. 29~92.
  27. 林炳祚(1968); On The Presumption of The Properties of Consolidation and Permeability of Clay in Korea, 大韓土木學會誌, vol. 15 No. 44, 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(1972); 笠岡灣干拓豫定地へドロ(海底粘土)の基礎的存性質につくて, 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 關한 研究, 東國大學校 大學院, 碩士學位論文, pp. 42.
  32. Noorany, I., S. F. Gizienski(1970); Engineering Properties of Submarine Soils, A. S. C. E. J. S. M. F. D. vol. 96 No. SM5, pp. 1735~1762.
  33. Norris, G. M., 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-Loam & 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); 港灣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 關한 研究, 韓國農工學會誌, vol. 20, No. 1, pp. 37~43.
  39. 柳能桓, 柳然澤(1985); 嶺東地域有機質土의 特性에 關한 研究, 韓國農工學會誌, vol. 27, No. 1, pp. 77~85.
  40. 沢田敏男, 烏山晃司(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, R. Lundgren(1964) (1964); Clay Mineralogical Aspects of the A 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, 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

- 界あすび間げぎ比との関係につこて, 第19回土木學會講演概要, 第4部, pp. 41-1~41-2.
44. 錦木好一, 大崎順彦, 荒木春視(1965); 粘性土にあける土質常數値の相関性, 土質工學會, 第10回シンポジウム, pp. 141~146.
45. 錦木好一, 大崎順彦, 荒木春視(1966); 粘性土にあける土質常數値の相関性(N値との関係), 土質工學會, 第11回土質工學ツソポヅウム發表論文集, pp. 13~18.
46. 土田 孝, 小林正樹, 小野寺駿一(1985); 大阪灣泉洲沖海底地盤の也ん斷特性, 土と基礎, vol. 33, No. 3, pp. 15~20.
47. 渡邊進(1974); 土の諸定數間の関係, 鐵道技術研究報告, No. 933, pp. 1~34.
48. 山田剛二, 今井重利(1971); 塑性圖上にあける土の性質分布, 土と基礎, vol. 19, No. 5, pp. 5~22.
49. 山口英太郎, 宮原吉秋, 難波直彦, 満田雅男, 岡晃, 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, 九州農業試験場果報, 第5卷 第2號, pp. 129~144.
50. 山口英太郎, 難波直彦, 岡晃, 永石義隆, 村困嘉邦(1959); 不知火海沖積粘土の土質につこて, 九州農業試験場果報, 第5卷 第4號, pp. 349~158. 358.
51. 山口英太郎, 難波直彦, 岡晃, 永石義隆, 村困嘉邦(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의 物理的 特性, 慶尙大學校 論文集(理工系篇), 第22輯, pp. 107~113.
53. Youssef, M. S., A. H. EL. RAMLI, M. EL. Demery(1961); Relationships between shear Strength, Consolidation Liquid Limit, and Plastic Limit for Renoulded Clays, proc of the 5 th. I. C. S. M. F. E. vol. 1, part 5, pp. 126~129.

(접수일자 1988.3.4)