

嶺東地域 有機質土의 特性에 관한 研究

A Study on the Characteristics of Organic Soil in Young-dong Region

柳 能 桓* · 柳 然 澤**
Ryu, Neung Hwan · Ryu, Yeon Teak

Summary

In order to investigate the characteristics of organic soil which always makes problems in construction work, broad field survey and laboratory tests were conducted for acid organic soil widely distributed in Young-dong region and their physical and engineering properties were as follows;

1. The soil was consisted with highly organic and 70-95 percent of passing in #200 sieve, shown the curved relationship between specific gravity and ignition loss.
2. The structure of soil was evaluated as an unsettled over-consolidated layer contained 95-190 percent of natural state of moisture content and 0.4-0.7g/cm³ of dry density.
3. The relationship between initial void ratio comparatively low compared with average and natural state of moisture content similar to Atterberg Limit have shown as the equation of $e_o = 0.0256(w_n - 25)$
4. It was found that the pH value had 4-7 classified as acid and 1-6.5kg/cm² of cone resistance with comparatively low level.
5. Unconfined compressive strength and undrained-unconsolidated strength were introduced approximately as same value and shear strength due to consolidation was appeared as much as predicting the effect of step construction.
6. The co-relationships between natural state of moisture content, liquid limit and initial void ratio were as follows;

$$C_c = 0.0098(w_n - 10)$$

$$C_c = 0.018(IL - 7)$$

$$C_c = 0.36(e_o - 0.04)$$

I. 序 論

有機質土란 有機物의 含有量이 많아 有機物의 性

* 江原大學校 農科大學

** 農業振興公社 農業土木試驗研究所

質이 흙의 特性에 影響을 주는 흙을 말하며, 一般의 所以로 흙의 工學的 性質에 問題가 되는 有機質含量은 10% 以上인 경우이나, 흙의 性質을 改良하기 위하여 添加劑를 使用하는 安定處理工法에서는 添加劑의 種類에 따라 有機物含量 1% 以下도 問題가 된다.¹⁾ 有機物은 土壤有機物의 同意語로 使用되는

경우도 있으나 嚴密한 意味는 “흙속에 있는 複雜한 構造를 가진 比較的 分子量이 높은 酸性有機化合物의 集合體”를 말한다.¹⁾²⁾ 有機質土는 植物의 生育量이 分解量보다 많은 環境에서 形成되는데, 堆積量은 植物의 種類, 氣候, 地形, 地盤運動, 水位 및 時間의 影響을 받는다. 有機質土는 어떠한 氣候帶에서도 形成되지만 가장 많이 形成되는 氣候帶는 亞寒帶 내지 濕潤寒冷溫帶로 平均氣溫이 冬期는 -15°C 以上, 夏期는 20°C 以下로 年降雨量이 年蒸發量을 超過하는 低溫多濕한 地域이며,²⁾³⁾⁹⁾¹⁾ 地形的으로는 海岸平地 氾濫原 火山噴出 및 산사태에 의한 盆地, 氷河作用을 받은 地形에서 形成된다.²⁾ 地下水位는 植物의 生育, 養分の 供給, 分解作用과 密接한 關係가 있으며, 有機物이 地下에 埋沒되면 地下水位가 上昇하며 分解作用이 急速히 低下하여 埋沒深度와 時間經過에 따라 石炭化作用을 받아 褐炭으로 된다.³⁾ 故로 우리나라의 東海岸低溫地는 겨울철의 平均氣溫이 $^{\circ}\text{C}$ 이고 年平均降雨量이 많아서 有機質土의 生成에 適當한 環境條件을 갖추고 있다고 할 수 있다. 普通 흙의 固體成分은 거의 無機質(礦物質)이지만, 有機質土는 有機物에 의한 骨組構造의 特異性이 흙의 性質을 支配하며 特히 工學的 性質은 有機物의 種類, 含有量, 分解度 無機質의 混入量, 含水量, 固結度 등의 影響을 받으므로 有機物을 별도로 取扱하여야 한다.¹⁰⁾⁴⁰⁾ 本論文은 江原道와 農業振興公社의 協助에 의하여 土木工事에서 恒常問題로 되는 有機質土에 關한 研究로 江原道 東海岸底濕地開發事業의 一環인 農業用水路 및 附帶施設物을 設置하기 爲하여 數회에 걸쳐 實施한 土質調査 및 土質實驗結果를 比較分析 하였다.

II. 材料 및 試驗方法

1. 研究對象

本研究은 江原道 溟州郡을 中心으로 한 嶺東地域 一圓에 걸쳐 24個 地點을 對象으로 實施하였고 이들 軟弱地盤의 試料는 Dutch Cone을 利用하여 深度 20cm마다 콘(先端角: 60° , 斷面積: 10cm^2) 貫入抵抗을 測定한 後 代表的인 것을 shrew Sampler ($D=7.2\text{cm}$, $L=40\text{cm}$)에 依하여 不攪亂狀態로 採取하였다.

2. 試驗方法

採取한 試料는 韓國工業規格(K. S. F. 2302, 2303,

2304, 2306, 2308, 2314, 2316, 2346, K. S. M. 0011)에 따라 粒度, 液性限界, 塑性限界, 含水量, 比重, 一軸壓縮強度, 壓密, 非排水三軸壓縮強度 및 pH 試驗을 하였다. 強熱減量試驗은 試料를 恒溫乾燥爐에서 $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 로 24時間 爐乾燥시켜 重量(V_1)을 測定하고 電氣爐에 넣어 800°C 로 4時間 加熱한 後 重量(W_2)을 測定하여 減少重量(W_1-W_2)을 爐乾燥重量(W_1)에 對한 比(%)로서 強熱減量을 表示하였다. 壓密非排水壓縮試驗(C.U-test)은 三軸壓縮試驗機로 供試體($D: 35\text{mm}$, $H: 70\text{mm}$) 側面에 格子形 濾過紙를 붙여 壓密壓力 $0.5, 1.0, 2.0, \text{kg/cm}^2$ 로 容積變化가 멈출 때 까지 等方壓密시킨 後, 試料의 치수를 再測定하고 試驗機에 定置하여 壓密壓力과 同一한 側壓을 주어 軸變位速度 $1\%/min$ 로 壓縮하면서 空隙水壓 軸變位 軸壓을 測定하였다.

III. 結果 및 考察

本 試驗結果와 試料採取 位置는 Table-1 및 附錄과 같으며 有機質土의 物理的 및 工學的 性質을 考察하면 다음과 같다.

1. 物理的 性質

가. 比重과 強熱減量

有機質土의 比重은 有機物含量과 密接한 關係가 있으며 有機物含量이 增加함에 따라 減少하고¹⁵⁾²⁷⁾³⁰⁾ 有機物含量이 同一하다라도 分解度에 따라 그 값이 다르다.³²⁾ 本 有機質土의 比重은 $2.36\sim 2.56$ 이며, 強熱減量은 $11.1\sim 21.0\%$ 의 값을 나타낸다. Fig. 1은 比重과 強熱減量과의 關係를 나타낸 것으로 比重은 強熱減量이 增加함에 따라 減少하는데, 이는 土粒子와 有機物을 一體로 하여 測定된 有機質土의 比重은 有機物含量이 增加함에 따라 雙曲線的으로 減少한다는 竹中 等³³⁾³⁴⁾의 結果와 一致한다. 強熱減量이 15% 以下에서는 強熱減量이 增加함에 따라 比重의 減少率이 크며, 強熱減量이 15% 以上 되면 比重의 減少率이 低下하여 一定值에 收斂하였다. No.15 以下의 地點에서 採取한 材料는 他地域에 比하여 比重의 값이 약간 작게 나타났는데 이는 有機質土의 生成與件에 따라 分解度 및 無機質의 混入量이 다르기 때문인 것으로 생각된다.

나. 粒度

有機質土의 粒度試驗은 有機物의 分解度나 無機物의 混入量을 求하기 爲한 實施되는데¹³⁾⁴⁰⁾ Table-1에 나타낸 바와 같이 200번체 通過量이 $68.4\sim 95.2$

Table-1. Summary of field and laboratory tests for organic soils

Sam- ple Num- ber	Depth (m)	Mechanical Analysis			Atterberg Limit			Specific gravity GS	Unified Soil Classi- fication	Natural State		
		Clay <5 μ (%)	Silt 5~74 μ (%)	Sand 74~ 4760 μ (%)	L.L. (%)	P.L. (%)	P.I. (%)			Dry Density r_d (g/cm ³)	Water Content w_n (%)	Wet Density r_t (g/cm ³)
1	13.0~13.7	8.0	60.4	31.6	114.8	49.5	65.3	2,363	OH	0.427	174.6	1,172
2	4.0~4.7	18.0	65.6	16.4	93.7	41.6	52.1	2,509	OH	0.485	155.2	1,237
3	7.7~8.4	20.0	56.6	23.4	105.5	54.3	51.2	2,452	OH	0.427	185.1	1,217
4	5.5~6.2	24.0	54.4	21.6	106.5	54.6	51.9	2,406	OH	0.442	172.0	1,201
5	3.0~3.7	34.0	51.5	14.5	100.9	53.7	47.2	2,527	OH	0.501	149.8	1,252
6	0.6~1.0	19.8	73.4	6.8	103.3	56.2	47.1	2,434	OH	0.412	192.6	1,205
7	3.4~3.8	31.8	58.5	9.7	84.5	48.0	36.5	2,509	OH	0.470	166.4	1,253
8	5.4~5.8	19.8	68.3	11.9	99.7	47.7	52.0	2,459	OH	0.428	185.0	1,221
9	7.6~8.0	25.8	65.2	9.0	88.6	44.7	43.9	2,455	OH	0.440	175.2	1,211
10	10.6~11.0	39.8	47.4	12.8	72.6	35.0	37.6	2,563	OH	0.641	113.9	1,371
11	3.6~4.0	33.8	55.0	11.2	86.5	50.5	36.0	2,471	OH	0.509	155.0	1,298
12	7.6~8.0	41.8	53.4	4.8	77.7	39.4	38.3	2,509	OH	0.569	134.3	1,332
13	3.0~3.4	27.8	65.5	6.7	93.5	52.3	41.2	2,469	OH	0.484	160.0	1,259
14	7.6~8.0	11.8	74.3	13.9	71.2	33.9	37.3	2,562	OH	0.663	108.6	1,382
15	1.2~1.6	33.8	50.8	15.4	57.5	30.8	26.7	2,435	OH	0.656	108.0	1,364
16	1.7~2.1	25.8	46.1	28.1	56.7	31.0	25.7	2,461	OH	0.671	106.3	1,385
17	2.8~3.2	37.8	52.3	9.9	57.9	27.9	30.0	2,489	OH	0.709	104.5	1,450
18	4.6~5.0	25.8	49.5	24.7	69.2	35.5	33.7	2,381	OH	0.532	139.7	1,275
19	6.6~7.0	29.8	56.6	13.6	75.2	51.6	23.6	2,394	OH	0.524	148.7	1,302
20	8.6~9.0	25.6	62.2	12.2	80.8	49.0	31.8	2,371	OH	0.524	145.5	1,286
21	3.8~4.2	35.0	59.9	5.1	67.7	35.7	32.0	2,554	OH	0.741	95.4	1,447
22	5.6~6.0	19.0	66.9	14.1	93.7	48.7	45.0	2,357	OH	0.545	138.9	1,303
23	7.8~8.2	42.3	52.2	5.5	94.6	57.2	37.4	2,365	OH	0.474	168.2	1,272
24	10.4~10.8	32.3	61.8	5.9	83.2	59.7	23.5	2,371	OH	0.501	154.1	1,273

Sam- ple Num- ber	Void ratio e_s	Triaxial Test				Uncon- fined Compr- ession Strength q_u (kg/ cm ²)	Compr- ession Index Cc	pH	Ignition Loss (%)	Cone Resiste- nce q_c (kg/cm ²)	Remark
		U.U.		C.U.							
		C_u (kg/cm ²)	ϕ_u (deg.)	$C_{cu}(C')$ (kg/cm ²)	$\phi_{cu}(\phi')$ (deg.)						
1	4,534	0.08	2	—	—	1.74	—	—	—		
2	4,173	0.10	0	—	—	1.32	—	—	—		
3	4,742	—	—	—	—	1.55	—	—	—		
4	4,443	0.11	0	—	—	1.71	—	—	—		
5	4,044	0.06	0	—	—	1.24	—	—	—		
6	4,908	0.09	2	—	—	0.07	1.72	5.6	17.9	1.60	
7	4,338	0.06	0	—	—	0.09	1.60	5.1	15.4	1.30	
8	4,745	0.08	1	—	—	0.07	1.83	5.8	18.6	2.30	
9	4,580	0.06	1	—	—	—	1.49	5.0	20.8	2.60	
10	2,998	0.17	1	—	—	—	1.00	6.9	14.1	4.00	
11	3,855	0.15	0	0.17 (0.20)	15 (66)	—	1.30	5.8	21.0	2.80	
12	3,409	0.14	0	0.11 (0.12)	16 (17)	0.12	1.20	6.9	16.3	3.00	

13	4,101	0.12	1	0.15 (0.17)	15 (17)	0.17	1.44	5.6	18.9	3.10
14	2,864	0.15	1	—	—	—	1.00	0.3	14.2	4.05
15	2,712	0.21	0	—	—	0.32	0.94	4.2	14.2	4.00
16	2,668	0.14	0	—	—	0.16	0.89	4.4	11.1	2.00
17	2,511	0.12	1	—	—	0.30	1.07	5.0	14.1	2.30
18	3,476	0.16	0	—	—	0.26	1.20	3.9	15.8	2.80
19	3,569	0.16	2	—	—	0.36	1.42	4.5	14.9	3.50
20	3,525	0.12	2	—	—	0.40	0.87	4.1	17.4	4.10
21	2,447	0.22	2	—	—	0.41	1.00	5.5	12.4	3.3
22	3,325	0.25	2	—	—	0.44	1.22	4.3	20.9	4.50
23	3,989	0.22	3	—	—	0.39	1.69	4.7	19.6	5.00
24	3,733	0.27	1	—	—	0.46	1.30	5.2	16.9	5.60

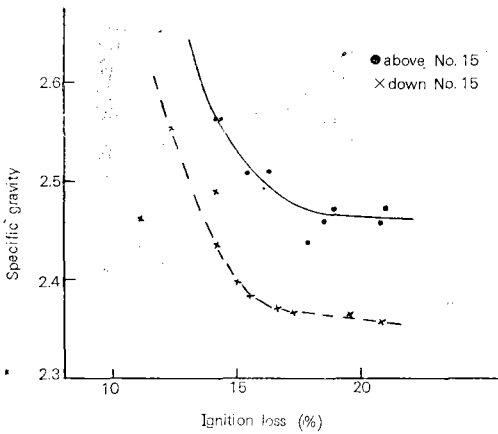


Fig. 1. Relationship between specific gravity and ignition loss

으로 실트성분이 많은 것은 有機物이 상당히 分解된 狀態를 意味한다.

다. 密度, 自然含水比 및 初期空隙比

有機質土의 密度는 有機物 含量이 增加함에 따라 減少하며, (7,88)(84) 有機物은 分解되어 흙의 團粒構造를 形成하므로 흙의 保水性이 增大하여 自然含水比가 커지고 相對的으로 密度가 작아진다. (89) 山内(41) 등은 有機質土內의 水分은 物理的 化學的 性質에 따라 拘束水, 準拘束水, 自由水의 3가지 成分으로 나누어지며 乾燥됨에 따라 非可逆性으로 된다고 하였으며 竹中(84) 등은 有機物含量이 10%內外까지는 自然含水比가 급격히 增加하고 10~30%에서는 含水比의 增加率이 緩慢하며 40%를 넘으면 다시 급격히 增加한다고 하였다. 本 有機質土의 濕潤密度(r_w)는 1.17~1.45g/cm³, 自然含水比(w_n)는 95.4~192.6%, 乾燥密度(r_d)는 0.41~0.74g/cm³를 나타내었

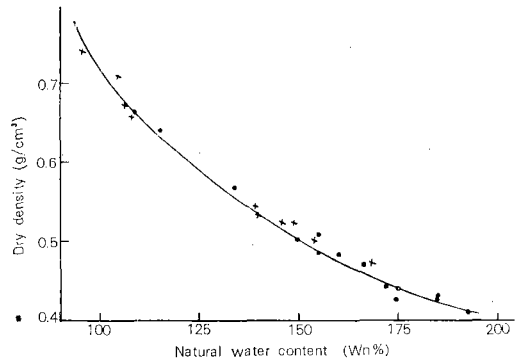


Fig. 2. Relationship between dry density and natural water content

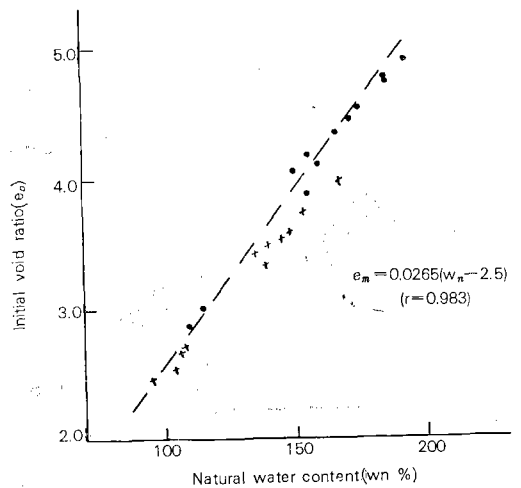


Fig. 3. Relationship between initial void ratio and natural water content

다. Fig. 2는 乾燥密度와 自然含水比와의 關係를 나타낸 것으로 含水比가 增加함에 따라 密度는 雙曲線的으로 減少하였다. Fig. 3은 自然含水比(w_n)와 初期空隙比(e_0)의 關係를 나타낸 것으로 含水比가 增加함에 따라 空隙比가 沖積土에서와 같이 增加하며 $e_0 = 0.0265(w_n - 2.5)$ ($r = 0.983$)의 直線關係式이 成立한다.

라. 컨시스턴시

有機質土의 컨시스턴시(consistency) 特性은 試驗의 初期含水比에 따라 다르며 初期含水比가 높을 수록 그 값이 크다.²⁷⁾²⁸⁾ 液性限界(LL)는 材料의 爐乾燥에 따른 有機質土의 非可逆性으로 因하여¹¹⁾ 自然含水比보다 27.7~89.3%의 작은 값을 나타내며 自然含水比가 높으면 그 幅이 크게 되는데 이는 有機物의 親水性和 團粒構造의 發達로 保水性의 增大에 基因되는 것으로 생각된다. 竹中²⁴⁾²⁸⁾ 등은 有機物含量이 10% 内外까지는 컨시스턴시 限界가 급격히 增加하고 그 以上에서는 增加率이 緩慢하며 또한 塑性限界(PL)는 一定한 값을 갖는다고 하였다. Fig. 4는 컨시스턴시 特性을 塑性圖에 나타낸 것으로 液性限界가 60% 以上인 것은 A-line 아래로서 흙의 統一分類法에 의하면 OH에 속한다.

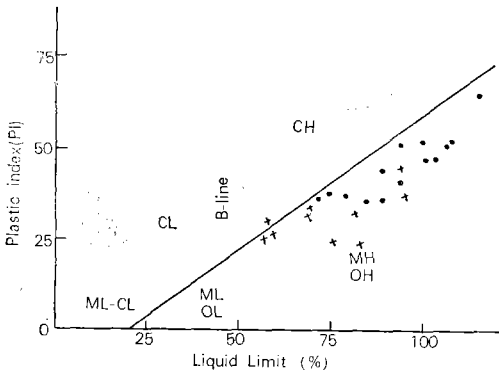


Fig. 4. Plastic chart

마. pH

有機質土가 溫暖濕潤狀態에 있으면 微生物의 活動이 活潑하여 有機物이 分解되면서 炭酸가스(CO_2)가 發生한다. 이때 空隙水에 溶解된 炭酸(H_2CO_3)은 解離되어 水素이온(H^+)의 比率이 높아져서 交換性 이온은 거의 水素이온(H^+)으로 되어 酸性($pH < 7$)을 나타낸다. 흙의 pH는 粘土粒子 사이의 作用力에

影響을 주며 흙의 分散, 凝集, 膨潤, 電氣浸透速度 등을 支配하는 重要한 要素로서 土粒子의 表面에 吸着되어 있는 이온(Ion)의 種類와 量的比率에 따라 變하는데, 特히 이온(Ion)의 吸着量이 많은 粘土分의 表面狀態에 左右된다.¹⁹⁾ 주로 土木工程에서 pH는 化學的 安定處理工法의 藥劑(添加劑) 效果 및 鋼 鋼釘의 腐食 등에 問題가 된다. 本 有機質土에서는 pH가 3.9~6.9로 酸性으로 나타났다.

3. 工學的 性質

가. 콘저항

一般的으로 有機質土는 含水比가 많고 壓縮性이 크며 強度가 작으므로 室內試驗으로 強度를 求하는 데는 많은 問題點이 있어 現位置에서 直接 強度를 求하는 方法이 많이 利用된다. 더치콘(Dutch cone)에 의한 調査는 準靜的 콘貫入試驗으로 深度에 따라 連續的으로 콘저항을 測定할 수 있으며 또한 이 結果值로 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 經濟的인 利點이 있다.⁶⁾¹⁰⁾

Fig. 5는 嶺東地域의 代表的인 콘貫入抵抗圖로서 有機質土의 深度는 15m 内外이며 深度에 따라 콘저항은 增加하지만 qc 는 1.0~6.5 kg/cm^2 로 軟弱한 狀態이다.

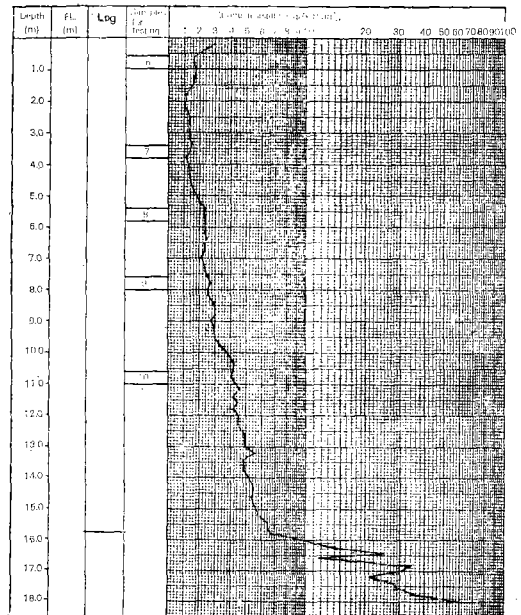


Fig. 5. Typical cone resistance (qc) and log

나. 一軸壓縮強度

一軸壓縮強度(q_u)는 有機物含量이 增加함에 따라 減少하며¹⁾ 軸變形量에 比例하여 應力이 계속 增加하는 傾向을 나타낸다.²⁾²⁴⁾ 本 有機質土의 一軸壓縮強度(q_u)는 0.07~0.46kg/cm²로 Table-1과 같다.

다. 三軸壓縮強度

1) 非壓密非排水(U.U)強度

三軸壓縮強度의 非壓密非排水試驗結果(UU-Test)는 Table-1과 같으며 剪斷抵抗角(ϕ_u)은 0~3°, 粘着力(C_u)은 0.06~0.27kg/cm²로 粘性土와 類似한 結果를 나타냈다.

Fig. 6은 代表的인 非壓密非排水壓縮試驗의 모아의 應力円(Mohr's circle)으로 剪斷應力은 粘着力만으로 作用됨을 알 수 있다.

2) 壓密非排水壓縮(CU)強度

Fig. 7은 材料를 等方壓密시켜 非排水條件에서 三軸壓縮試驗을 하여 全應力과 有效應力에 대한 모아의 應力円(Mohr's circle)으로 全應力에 대한 強度定數(C_{cu} , ϕ_{cu}) 중 粘着力(C_{cu}) 增加率은 상당히 크게 나타났다. 全般的으로 有效應力에 대한 強度定數(C' , ϕ')는 全應力에 대한 強度定數(C_{cu} , ϕ_{cu})보다 다소 크게 作用함을 알 수 있다.

3) 強度增加率

Fig. 8은 代表的인 材料의 壓密非排水壓縮試驗結

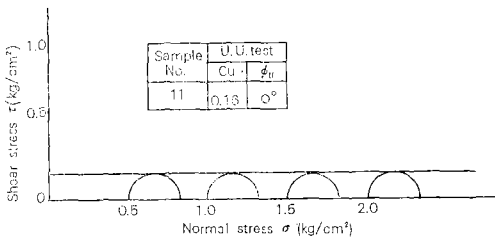


Fig. 6. Typical diagram of Mohr's circle

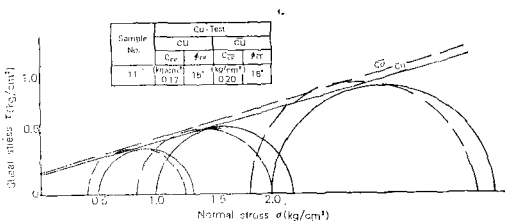


Fig. 7. Typical diagram of Mohr's circle on effective strength and total strength

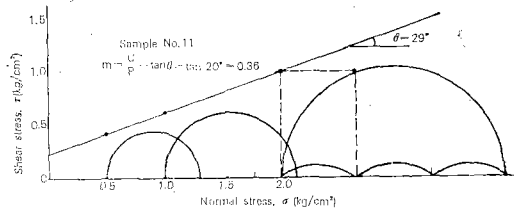


Fig. 8. Typical diagram for the ratio of undrained shear strength due to consolidation

果로 強度增加率을 求한 것이며 0.36으로 나타났다이 強度增加率($m = \frac{C_u}{P}$, C_u : 非排水強度, P : 壓密壓力)은 軟弱地盤에 盛土를 할 때 壓密에 따른 地盤改良效果를 判斷하는데 使用되며¹⁾ 有機質土의 強度增加率은 粘性土에 比하여 대단히 크므로²⁵⁾²⁶⁾ 先行壓密 또는 段階施工 등으로 地盤改良效果가 클 것으로 期待된다.

라. 壓密特性

有機質土는 壓密에 의한 空隙比의 減少率이 크게 때문에 壓密에 따라 透水性의 低減速度가 크며⁹⁾¹⁶⁾ 二次壓密이 顯著하여¹⁰⁾ 壓密現象을 解析하는 데 Terzaghi의 壓密理論의 適用이 困難하다.⁴¹⁾⁴²⁾

Fig. 9는 代表的인 有機質土의 $e-\log p$ 曲線으로서

Sample	Depth (m)	Initial void ratio, e_0	Compression Index c_c	Precompression p_0 (kg/cm ²)	Remark
11	3.6~4.0	3,855	1.30	—	

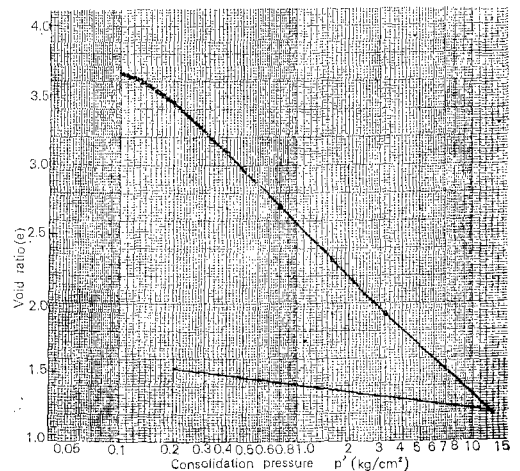


Fig. 9. Typical $e-\log p$ curve

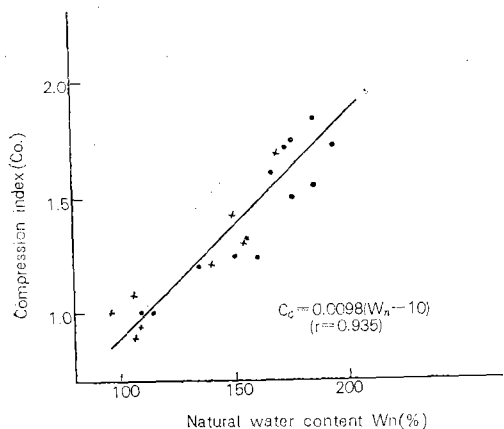


Fig. 10. Relationship between compression index and natural water content

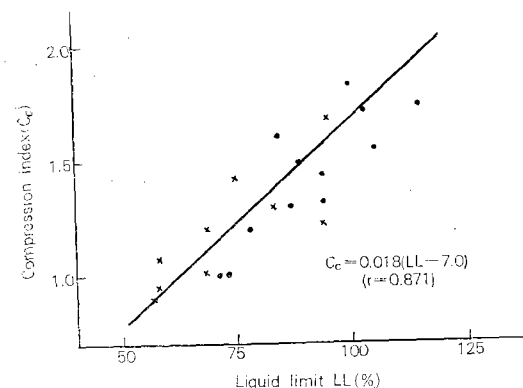


Fig. 11. Relationship between compression index and liquid limit

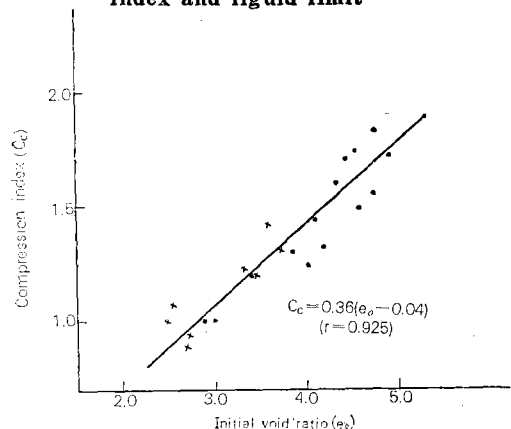


Fig. 12. Relationship between compression index and initial void ratio

Cassagrande에 의한 先行壓密荷重은 求하기 어려우며 壓縮指數(C_c)가 粘土土에 比하여 큰 값을 갖는다. Fig. 10은 壓縮指數(C_c)와 自然含水比(w_n)와의 關係를 나타낸 것으로 $C_c = 0.0098(w_n - 10)$ ($r = 0.935$)의 直線關係가 있고 Fig. 11은 壓縮指數(C_c)와 液性限界(LL)와의 關係로 $C_c = 0.018(LL - 7.0)$ ($r = 0.871$)의 直線關係가 있으며 Fig. 12는 壓縮指數(C_c)와 初期空隙比(e_o)와의 關係로 $C_c = 0.36(e_o - 0.04)$ ($r = 0.925$)의 直線關係式을 갖는다.

IV. 結 論

土木工에서 恒常問題를 惹起하는 有機質土의 特性을 把握하기 위하여, 江原道 嶺東地域에 널리 分布하는 酸性有機質土에 對한 現場土質調査와 室內實驗을 通하여 그의 物理的, 工學的 性質을 分析한 結果를 要略하면 다음과 같다.

1. #200체 通過量이 70~95% 程度로 有機物의 含量은 상당히 높은 便이며 比重과 強熱減量 사이에는 曲線의 函數關係를 나타내었다.
2. 乾燥密度는 0.4~0.7g/cm³ 程度이고, 自然含水比가 95~190% 過飽和狀態로 되어 粒子의 造成構造가 不定形의 過壓密地層을 形成하고 있다.
3. 初期空隙比가 比較的 높고, 自然含水比와 液性限界가 大略 비슷한 傾向을 나타냈으며 初期空隙比와 自然含水比 사이에는 $e_o = 0.0265(w_n - 2.5)$ 의 關係가 成立되었다.
4. pH는 4~7 程度로 酸性을 나타내었고 Cone 抵抗은 1~6.5kg/cm² 程度로써 比較적 낮은 값을 보였다.
5. 一軸壓縮強度와 非排水三軸壓縮強度는 大略 비슷한 값을 나타냈고 壓密에 의한 剪斷強度의 增加率이 극히 높아져 段階施工의 效果가 크게 期待된다.
6. 壓縮指數, 自然含水比, 液性限界 및 初期空隙比 사이에는 다음과 같은 關係가 成立되었다.
 $C_c = 0.0098(W_n - 10)$
 $C_c = 0.018(LL - 7)$
 $C_c = 0.36(e_o - 0.04)$

參考文獻

1. 足立忠司, 堤 聰, 竹中筆(1977); 火山灰に 由來する 有機質土의 強度特性, 農業土木學會論文集, 71, pp.39~43.

2. Al-khafaji, A.W.N. and O.B. Andersland (1981): Ignition Test for soil Organiccontent Measurement, A.S.C.E. Vol. 107. No. GT4 pp.465~479.
3. 新垣雅裕, 長田 昇(1977); クロボク土の 團粒と水分, 農業土木學會論文集, 71. pp.16~20.
4. 新垣雅裕, 長田 昇(1977); クロボク土の 團粒の硬さ, 農業土木學會論文集, 71, pp.21~26.
5. A.S.T.M. (1975); D3441 (Tentative Method for Deep Quasi Cone and Friction cone Penetration Tests of Soil.)
6. 有機質土の 試験方法 基準化委員會(1979); 有機質土の 試験方法 シンポジウム 發表論文集, 土質工學會, pp.104.
7. 藤川武信, 加來 研, 藤本昌宣(1967); ソオラ層の土質試験的 考察, 農業土木學會論文集, 35 (3), pp.165~166.
8. 藤村 尙, 久保田敬一(1979); 火山灰質土の水分保有特性について, 土質工學會論文報告集, Vol. 19 No.3 pp.103~111.
9. 稻田倍穂, 赤石 勝, 山田道男, 深見史郎(1977) 泥炭質地盤に生じる 二次壓密速度の推定, 土と基礎, Vol.25 No.12 pp.33~38.
10. 土質工學會(1982); 土質調査法, pp.229~249.
11. 土質工學會(1979); 土質試験法, pp.595~641.
12. 北園芳人, 鈴木敦己(1979); 締固めた 有機質火山灰土の 變形特性に對する 非排水先行載荷効果, 土質工學會論文報告集, Vol.19 No.3 pp.93~102.
13. 小谷佳人, 河野 洋(1977); クロボクの 締固めと土中水の 働き, 農業土木學會論文集, 71, pp.31~38.
14. 河野文弘, 佐佐木晴美(1977); 泥炭性 軟弱地盤における 盛土基礎處理工法の効果, 土と基礎, Vol.25 No.12 pp.27~31.
15. 松井壽一, 高野哲男, 印銀 滿(1967); 泥炭性軟弱水路の ノリ面保護工について, 農業土木學會論文集, 31(11), pp.635.
16. Mesri, G.(1973) Coefficient of Secondary Compression, A.S.A.C. Vol.99 No.SMI, pp.123~137.
17. 三輪見一(1977); 壓縮による 團粒破碎の 觀測 農業土木學會論文集, 71, pp.31~38.
18. 宮川 勇(1973); 有機質土(とくに 高有機質土)および 泥炭性 地盤について, 土と基礎, Vol.21 No.2 pp.3~6.
19. 森 麟(1976); 土の pH, 土と基礎, Vol. 24 No.5 pp.61~62.
20. 森川祐二, 荒川正彦(1979); 腐植土層上の 敷地造成工事(二次壓密沈下の 平易な 取扱い), 土と基礎, Vol.27 No.11 pp.51~58.
21. 大平至徳(1971); ビート(泥炭) 土と基礎, Vol. 19 No.11 pp.56~58.
22. _____ (1973); 内外の 泥炭, 土と基礎, Vol. 21 No.2 pp.53~58.
23. _____, 佐佐木晴美(1979); 泥炭地盤の 壓密沈下, Vol.27 No.7 pp.81~88.
24. _____, 木暮敬二(1976); N 値 および C と ϕ の考え方(有機質土), 土質工學會, pp.103~109.
25. 及川 洋, 宮川 勇(1980); 亂さない 泥炭の 非排水せん断特性について, 土質工學會論文報告集, Vol.20 No.3 pp.91~100.
26. _____ (1980); 泥炭の 有機物分解度試験方法について, 土と基礎, Vol.28 No.9 pp.29~34.
27. 小川正二, 范 世亮, 久保田 藤守(1973); 有機質火山灰土(主として 黒ボク)の 2,3の 性質について, 土と基礎, Vol.21 No.2 pp.47~51.
28. Research Committee on Organic Soils(1977) Engineering Problems of Organic Soils in Japan, J.S.S.M.F.E. pp.97.
29. 有機質土研究委員會(1978); 有機質土に關する シンポジウム 概要. 土と基礎, Vol.26 No.5 pp.43~50.
30. 佐佐木 晴美(1979); 泥炭の サンプルング. 土と基礎, Vol.27 No.5 pp.31~38.
31. 鈴木舜一(1976); 泥炭層の でき方, 土と基礎, Vol.24 No.1 pp.33~34.
32. 竹中 肇(1973); 火山灰に 由來する 有機質土の 土壤學的 検討, 土と基礎, Vol.21 No.2 pp.13~19.
33. _____, 安原一哉(1977); 有機質土の 物理的および 力學的 性質(その 1), 土と基礎. Vol. 25No.1 pp.85~91.
34. _____, 足立忠司, 堤聰, 長田 昇, 河野 洋, 小谷佳人, 三輪見一(1977); 火山灰 および 非火山灰段丘堆積物に 由來する 有機質土の 物理的 性質, 農業土木學會論文集, 71, pp.1~7.
35. _____, _____, _____ (1977); 農地基

- 盤として見た有機質土の理工學的諸特徴, 農業土木學會論文集, 71, pp.44~51.
36. 對馬雅己, 宮川 勇, 岩崎恒明(1977); 有機質土の強度試験結果に關する二,三の考察, 土と基礎, Vol.25 No.9 pp.13~18.
37. _____, 及川洋(1982); 泥炭性有機質土の強度とダイレイタンスーについて, 土質工學會論文報告集, Vol.22 No.2 pp.133~141.
38. 堤聰, 足立忠司, 竹中 肇(1977); 乾燥條件よりみた有機質土の理工學的性質の變化, 農業土木學會論文集, 71, pp.8~15.
39. 渡邊崇博(1973); 有機質軟弱地盤上の道路盛土の施工, 土と基礎, Vol.21 No.2 pp.29~36.
40. 山内豊聰(1973); 有機質土の特性について 土と基礎, Vol.21 No.2 pp.7~12.
41. _____, 卷内勝彦, 鈴木敦己, 安原一哉(1973) 九州の有機質土について, 土と基礎, Vol.21 No.2 pp.37~46.
42. 安原一哉, 竹中 肇(1977); 有機質土の物理的および力學的性質(その2), 土と基礎 Vol.25 No.2 pp.77~83.
43. _____, 山内豊聰(1977); 二次壓密を考慮した軟弱地盤の壓密沈下計算法, 土と基礎, Vol.25 No.3 pp.9~12.

Appendix-The map of Sampling Site

(by Courtesy of K.P.H. & A.D.C.)

The map of Sampling Site

