

# 最近の佐賀県内溜池築堤用土の土質 試験結果について (第1報)

—— 粒度・塑性限界・液性限界・一面剪断・透水・締固め試験 ——

中 島 明  
(土地改良学研究室)

On the results of the Soil Testings about recent Earth Dams  
in Saga Prefecture. (1)

—In connection with Grading, Plastic Limit, Liquid Limit, Direct  
Shear, Permeability and Compaction Tests.—

By

Akira NAKAJIMA  
(Laboratory of Land Melioration)

## 摘 要

佐賀県内において、最近(1963年9月~1965年5月)築堤計画の進められた6個所の築堤用土の土質試験を行なった。

土質試験方法はJISに基づいて行ない、その結果を整理し、次のような結果が得られた。

1) 各粘土分、シルト分、砂分における粘着力と内部摩擦角との関係について  
粘土分および砂分については現在までの文献と同じような結論が得られたように思うが、シルト分との関係についてはシルト含有量の増加にともない、粘着力の増加、内部摩擦角の減少をみだし得た。

2) 粒土分布における間隙比と透水係数との関係について  
粒度分布の差異により100%締固めと95%締固めとの間隙比と透水係数の間の傾度および透水係数の幅が大きく違う。

3) 各試料の最適含水比と最大乾燥密度との関係について  
最適含水比と最大乾燥密度との間に一定の反比例関係を有すると思われる。

## Summary

This work was undertaken to investigate the Soil Testings of the levee soils in 6 Dam Sites that have been planned recently (1963. 9, 1965. 5) in Saga Prefecture.

The soil testings owed to JIS (Japanese Industrial Standard). After the readjustments of the results of the tests, following results were gained;

1) relations between cohesion and angle of internal friction for clay fraction, silt fraction and sand fraction.

Relations between cohesion and angle of internal friction for clay fraction and sand fraction are much the same as past reports.

But, on the relation of silt fraction, it seems to me that the increase of silt fraction is related to the increase of cohesion and the decrease of angle of internal friction.

2) relations between void ratio and coefficient of permeability for each grading.

It regards to me that the gradients in the relations between void ratio and coefficient of permeability, and the differences of coefficients of permeability differ much according to the difference between 100 per cent degrees and 95 per cent degrees of compaction in each grading.

3) relations between optimum moisture content and maximum dry density for each sample.

It seems to me that the relations between optimum moisture content and maximum dry density for each sample are inversely proportionate.

## I. ま え が き

土の性質についての試験方法は日本工業規格 (JIS) に定められ、土質工学の分野において広く行なわれている。築堤用土の性質についての試験方法も同一方法であり、現在までに報ぜられている築堤用土に関する土質試験は特定の大きな溜池について詳細に行なわれたものが多く、地方の小溜池についての土の性質を把握することは困難に思われる。

こういった地方に散在している小溜池についての築堤用土の性質を一つにまとめることを試みようと思ひ、佐賀県内に散在している多くの溜池の内いくつかを取り上げてみた。

ここに相知町、大町耕地整理溜池 (大町町)、小通溜池 (大町町)、椎久保溜池 (鹿島市)、八丁溜池 (小城町)、柏崎溜池 (唐津市) の6個所の溜池について土質試験を行ない、これらの各性質の類似点および相異点について調べてみた。

## II. 試 験 内 容

ここで行なつた土質試験は日本工業規格<sup>1)</sup> (JIS) で定められた方法で、次のようなものである。

- |             |            |
|-------------|------------|
| 1) 土粒子の比重試験 | JIS-A-1202 |
| 2) 土の含水量試験  | JIS-A-1203 |
| 3) 塑性限界試験   | JIS-A-1206 |
| 4) 液性限界試験   | JIS-A-1205 |
| 5) 収縮常数試験   | JIS-A-1209 |
| 6) 締固め試験    | JIS-A-1210 |
| 7) 透水試験     | JIS-A-1218 |
| 8) 一面セン断試験  | —          |

以上の8項目であり、この内7)の透水試験は丸東製普及型透水試験器を用いて変水位で行ない、8)の一面セン断試験はカロール式直接セン断試験器を用いて急速セン断で処理した。

## III. 試 験 結 果

各溜池の試験結果は第1表および第2表のようになった。

この第1表および第2表の粒度分布の状態を第1図相知町、唐津市 (柏崎溜池)、第2図大町

第 1 表

試料番号	項目	含水比	比重	粒 度					セン断強さ		透 水	締 固 め		備 考
				レキ分	砂 分	シルト分	粘土分	記 号	粘着力C	内 部 摩擦角 $\phi, \tan \phi$		最 適 含水比	最大乾 燥密度	
相 知	No. 2-1	—	2.744	0	12.0	31.0	57.0	a	—	—	—	23.3	1.586	記 号 ▼
	// -2	—	—	0	12.0	31.0	57.0	a	—	—	—	—	—	
	No.3-1-1	—	2.644	0	54.2	17.8	28.0	d	—	—	—	—	—	
// -2	—	—	—	0	63.5	16.0	20.5	d	—	—	—	—	—	
No.3-2-1	—	2.655	0	61.5	19.0	19.5	d	0.57	30°32'	—	—	—	—	
// -2	—	—	—	0	61.5	18.0	20.5	h	—	0.590	—	—	—	
大 町	No. 1-1	—	2.635	0	45.0	27.5	27.5	e	0.47	28°19'	7.74×10 <sup>-8</sup>	18.7	1.639	大町耕地整理溜池号 ▲
	// -2	—	—	0	40.5	25.0	34.5	a	—	0.539	—	—	—	
	No. 2-1	—	2.675	0	13.0	36.5	50.5	a	0.58	29°10'	4.84×10 <sup>-7</sup>	35.0	1.308	
// -2	—	—	—	0	15.5	33.5	51.0	a	—	0.873	—	—	—	
No. 3-1	—	2.567	0	48.5	26.0	25.5	e	0.47	26°42'	2.08×10 <sup>-7</sup>	28.4	1.384	▲	
// -2	—	—	—	0	36.0	41.0	23.0	e	—	0.449	—	—	—	
大 町	No. 7-1	35.5	2.575	0	35.0	32.0	33.0	a	0.59	31°53'	8.04×10 <sup>-7</sup>	25.0	1.507	小 通 溜 池 号 □
	// -2	—	—	0	31.0	30.0	39.0	a	—	0.622	—	—	—	
	No. 8-1	31.4	2.685	0	36.2	35.7	28.1	e	0.56	16°30'	7.59×10 <sup>-8</sup>	24.0	1.539	
// -2	—	—	0	37.5	26.5	36.0	a	—	0.296	—	—	—	—	
No. 9-1	30.7	2.710	0	29.4	33.9	37.5	a	0.48	21°12'	5.85×10 <sup>-7</sup>	20.7	1.599	□	
// -2	—	—	0	24.7	36.3	39.0	a	—	0.388	—	—	—	—	
鹿 島	横-1	31.6	2.648	0	33.5	20.5	46.0	a	0.50	33°16'	4.10×10 <sup>-8</sup>	27.3	1.399	椎久保溜池号 ◎
	// -2	—	—	0	34.5	31.5	34.0	a	—	0.656	—	—	—	
	上流部-1	39.6	2.709	0	26.0	20.0	54.0	a	0.92	24°59'	5.68×10 <sup>-7</sup>	33.4	1.307	
	// -2	—	—	0	45.0	24.0	31.0	a	—	0.466	—	—	—	
黒-1	33.6	2.657	0	21.1	32.0	46.9	a	0.68	35°23'	2.22×10 <sup>-6</sup>	27.2	1.451	◎	
// -2	—	—	0	18.2	31.6	49.8	a	—	0.710	—	—	—	—	
赤-1	36.8	2.538	0	18.9	20.6	60.5	a	0.78	26°32'	2.55×10 <sup>-8</sup>	28.4	1.381	◎	
// -2	—	—	0	16.5	20.8	62.7	a	—	0.499	—	—	—	—	

町（大町耕地整理溜池，小通溜池），第3図鹿島市（椎久保溜池），第4図小城町（八丁溜池）に示した。

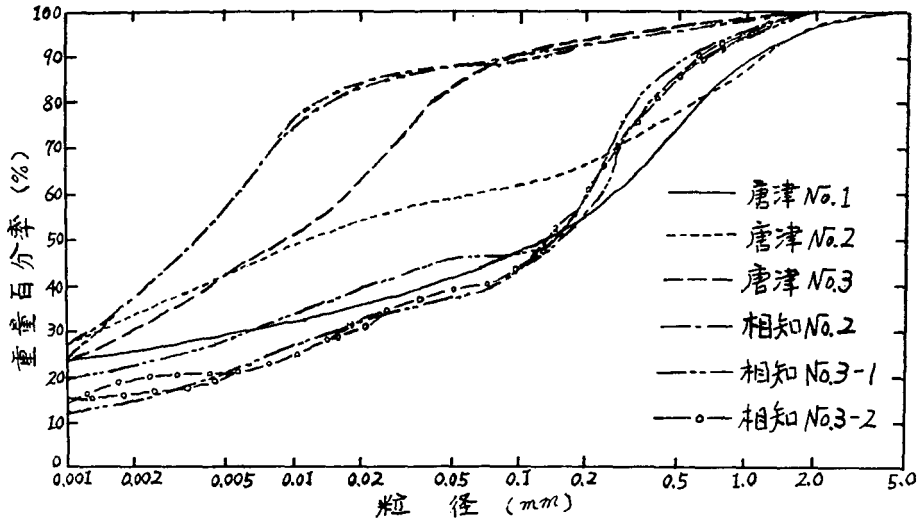
第2図，第3図，第4図の3図と第1図の唐津 No. 3 および相知 No. 2 が似かよった分布をなし，粘土分が全体の約30%以上，砂分は約30%以下を含み，第1図の相知 No. 3-1，No. 3-2 および唐津 No. 1 においては砂分が多く，全体の約55%以上，シルト分は約15%以下を含んでいる。以上のように，この場合の築堤用土は2種類に大別し得ると思う。一方この分布を三角座標にプロットすると第5図のようになった。上記の2種類の大別は，座標上では a（粘土）と d（砂質粘土ローム）とに分けられるように思う<sup>2), 4), 5)</sup>。

液性限界試験の結果を図に示すと第6図のようになり，液性限界 LL は48.6%~67.8%であり，流動指数 If は7.1~16.9のようである。液性限界と塑性指数の間に一定の関係を有することは土質工学会の文献にも見られる（一点決定法<sup>6)</sup>。これを知るために，ここにその関係を第7図としてみると，試験結果が少なく，式として表わすことに無理があるが，一方向を示した比例関係にあることは確かと考えられる。

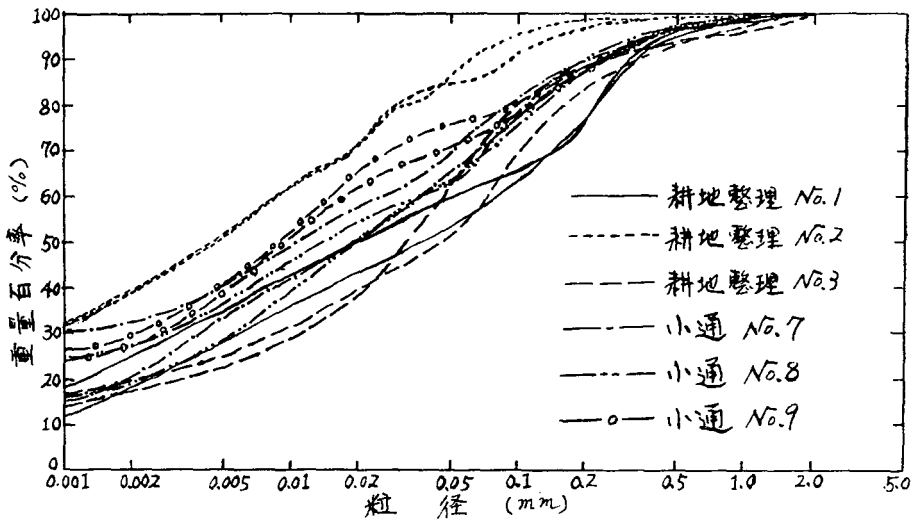
第 2 表

項目 試料番号	含水比		比重				粒 度				塑性・液性限界				収 縮 常 数				セシ断強さ		透 水		締 固 め		備考
	%		%	シルト分	砂 分	粘土分	記 号	LL	PL	PI	If	収縮限界	収縮比	容積変化	線収縮	粘着力 C	内部摩擦角 $\phi, \tan \phi$	cm/sec	最大乾燥密度	含水比					
小	No. 1-1	41.8	2.750	0	12.8	27.2	60.0	a	61.1	36.0	25.1	7.1	26.6	1.56	36.7	10.0	32°11'	—	27.1	1.453	八丁溜池記号				
	" -2			0	20.5	23.0	56.5	a									0.629								
城	No. 2-1	32.4	2.598	0	24.5	39.5	36.0	a	57.5	29.7	27.8	12.6	23.1	1.62	32.6	9.2	31°08'	—	23.7	1.561	八丁溜池記号				
	" -2			0	28.0	47.0	25.0	e									0.604								
唐	No. 3-1	42.5	2.425	0	26.2	38.8	35.0	a	67.8	31.6	36.2	16.9	20.6	1.65	43.4	11.4	44°02'	—	27.4	1.461	八丁溜池記号				
	" -2			0	32.5	30.3	37.2	a									0.967								
津	No. 4-1	33.0	2.642	0	31.5	36.0	32.5	a	55.4	33.4	22.0	9.8	25.6	1.58	28.3	7.7	—	—	—	—	相崎溜池記号				
	" -2			0	29.5	40.0	30.5	a									—								
唐	No. 1	30.6	2.643	3.4	54.6	13.0	29.0	d	48.6	35.1	13.5	14.6	36.7	1.34	22.3	6.5	34°36'	6.95 × 10 <sup>-8</sup>	28.6	1.423	相崎溜池記号				
	No. 2	33.9	2.628	2.3	38.5	16.7	42.5	a	54.6	30.3	24.3	11.2	29.3	1.49	36.6	10.0	26°06'	9.69 × 10 <sup>-7</sup>	27.4	1.452					
津	No. 3	43.1	2.673	0	15.7	42.0	42.3	a	51.5	29.8	21.7	15.9	25.8	1.58	51.8	13.0	22°18'	1.41 × 10 <sup>-7</sup>	32.0	1.362	◎				

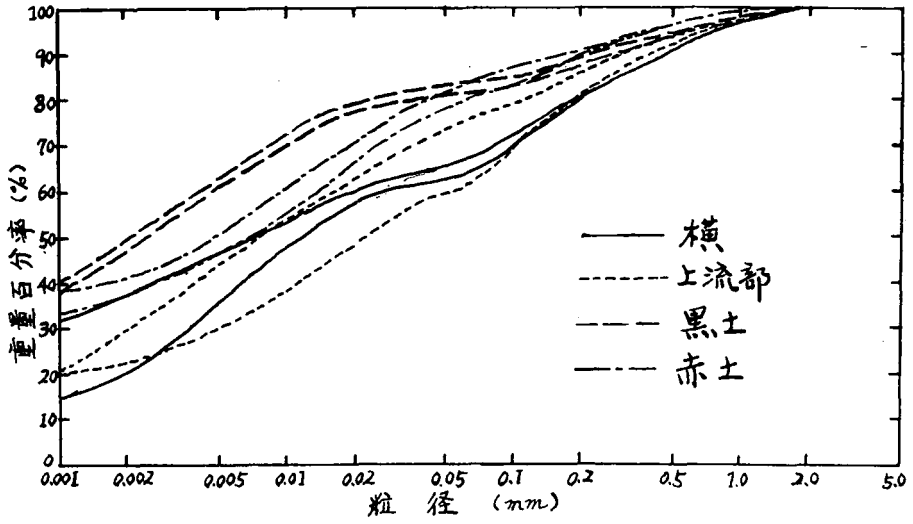
但し小城（八丁溜池）の透水係数は別図に示す（第9図および第10図参照）。



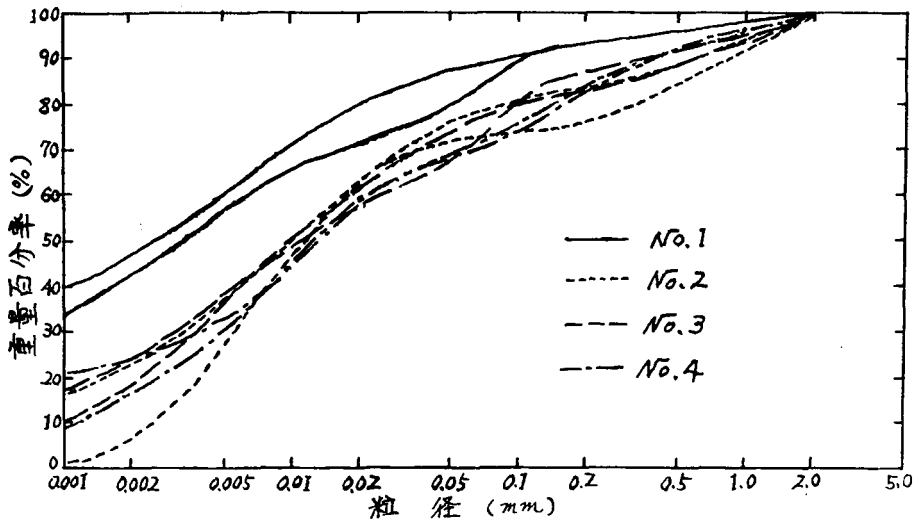
第1図 相知，唐津（柏崎溜池）の粒度分布図



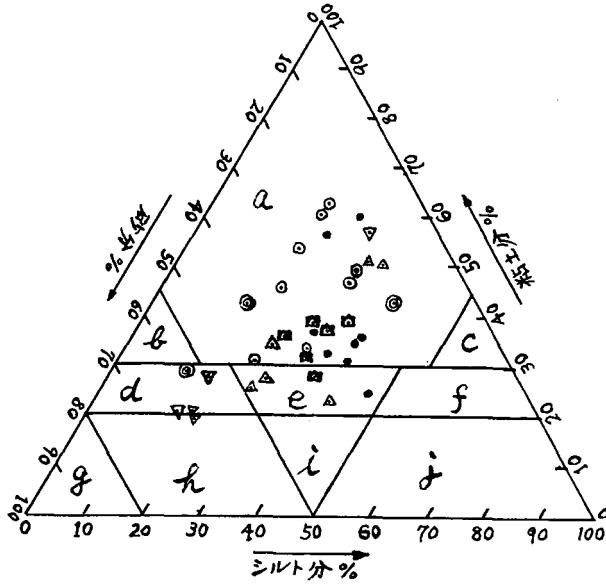
第2図 大町（大町耕地整理溜池，小通溜池）の粒度分布図



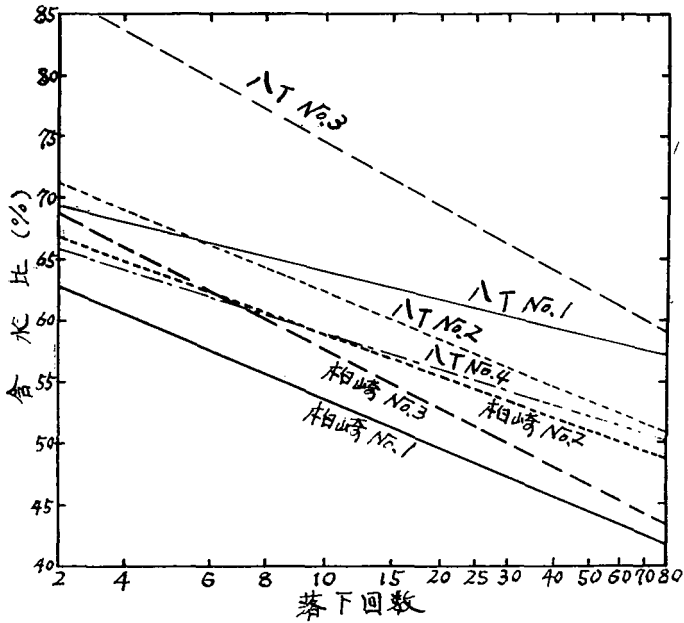
第3図 鹿島 (推久保溜池) の粒度分布図



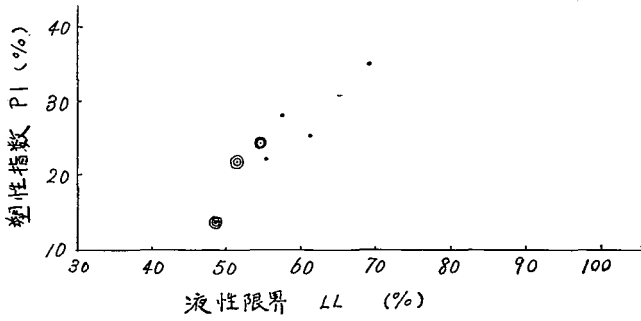
第4図 小城 (八丁溜池) の粒度分布図



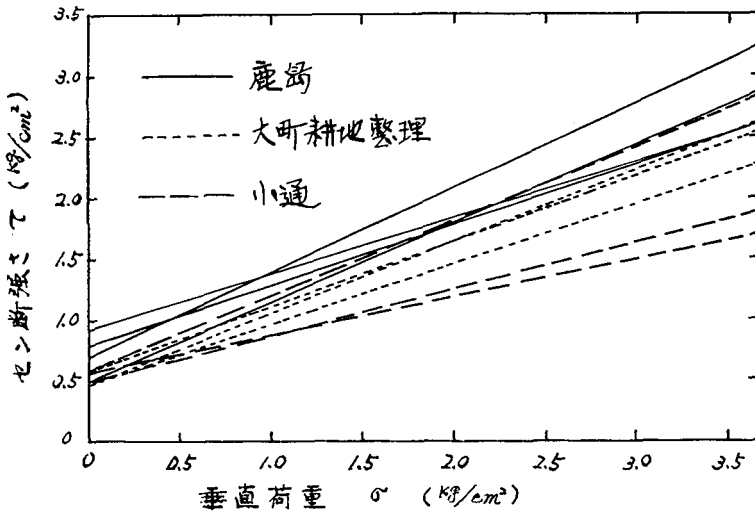
第5図 粒度分布状態を示す三角座標図



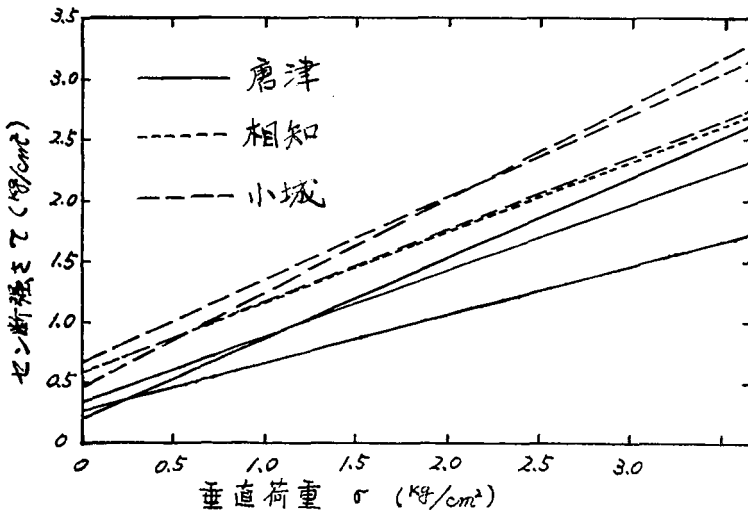
第6図 流動曲線図



第7図 液性限界と塑性指数の関係図



第8図 垂直荷重とせん断強さの関係

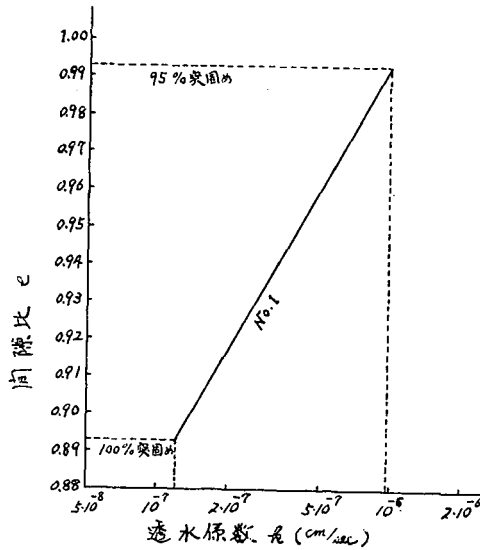


第9図 垂直荷重とせん断強さの関係

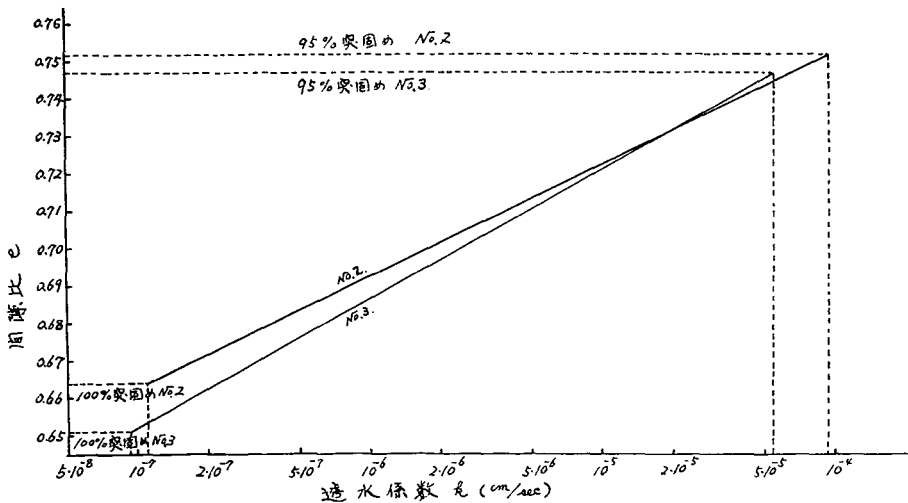


第8図, 第9図は垂直荷重に対するセン断強さを図にしたもので, 粘着力が0.37以上で0.78以下のものが多く, まれに0.37以下のものがある. また内部摩擦角は $22^{\circ}18'$ 以上 $34^{\circ}36'$ 以下を示し, 時には $40^{\circ}$ 以上のものもあった.

透水係数は $10^{-6}$ から $10^{-8}$ までばらついて出ているが, これは粒度の状態に対し一致しないものがある. そこで小城(八丁溜池)の土を用いて, 含水比(間隙比)を100%締固めより95%締固めまで変化させて透水試験を行ない, この透水係数曲線を描くと, 第10図および第11図のようになった.



第10図 間隙比と透水係数の関係



第11図 間隙比と透水係数の関係

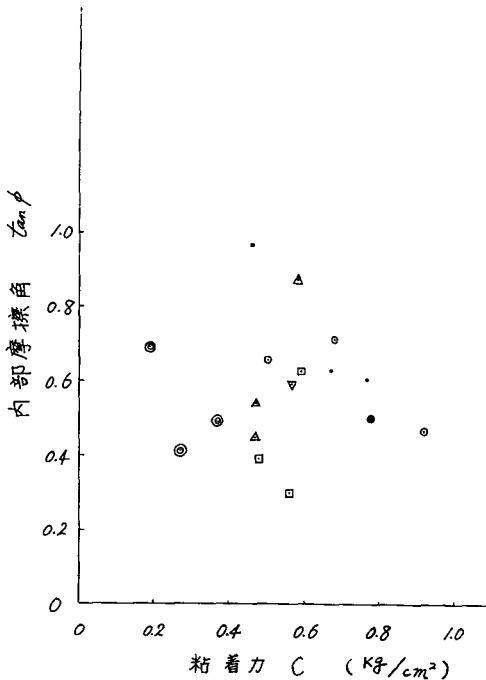
比重は2.54と2.75の間に分布しているが、中に1試料だけ2.43とかけはなれている。

締固め試験では最適含水比が18.7%から35.0%までに存在し、最大乾燥密度は  $1.31t/m^3$  から  $1.64t/m^3$  までに分布している<sup>3)</sup>。

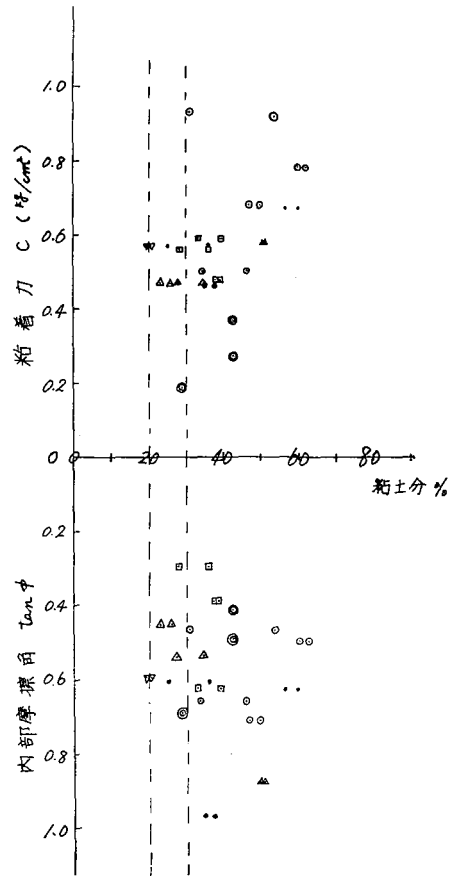
#### IV. 考 察

粒度分布を第5図よりみると、相知 No. 3-1-2 および No. 3-2-1 には砂分が多い、また鹿島 No. 2, 小城 No. 1 等は粘土分が60%以上を含んでいるので吸水膨脹の心配があるようにも思われるが、しかし設計基準よりみると、ここに挙げた試料はほぼ築堤土として適当なものと考えられる<sup>2),4),5)</sup>。

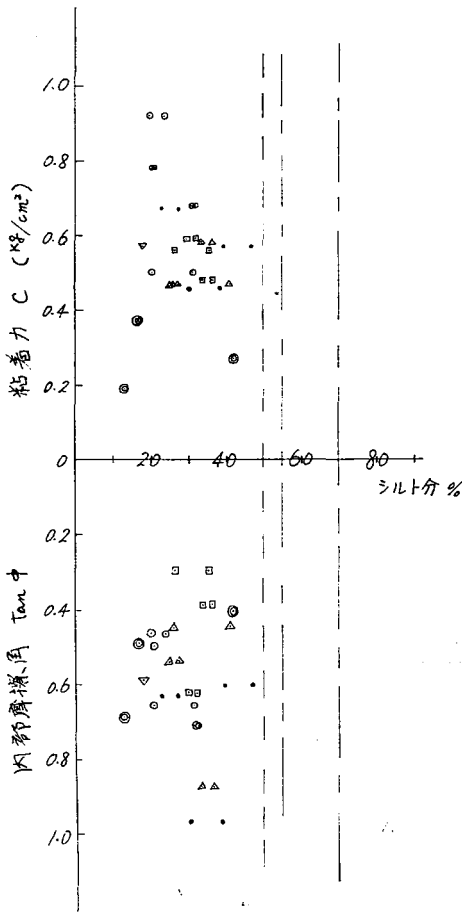
第8図および第9図のように粘着力と内部摩擦角との関係について整理したが、その傾向は明確に把握しがたいので、第13図の粘土分についての粘着力と内部摩擦角、第14図のシルト分についての粘着力と内部摩擦角、第15図の砂分についての粘着力と内部摩擦角とのように分けてみた。



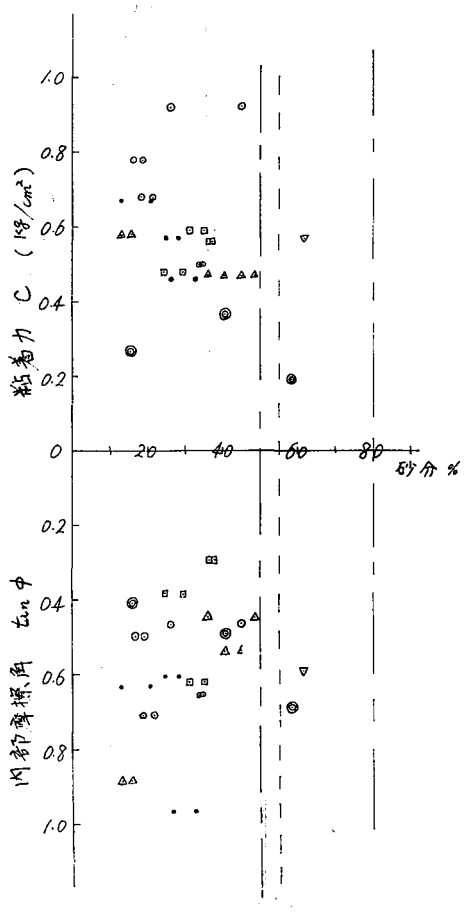
第12図 粘着力と内部摩擦角の関係



第13図 粘土分についての粘着力と内部摩擦角



第14図 シルト分についての粘着力と内部摩擦角

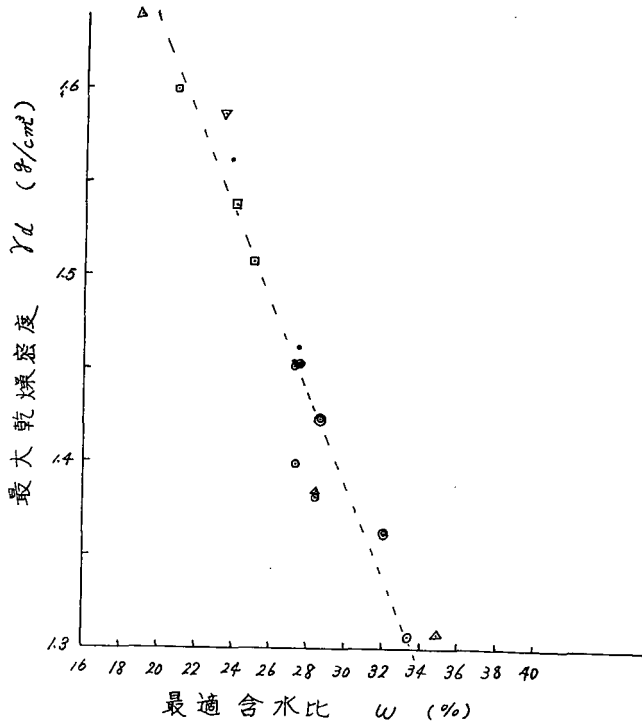


第15図 砂分についての粘着力と内部摩擦角

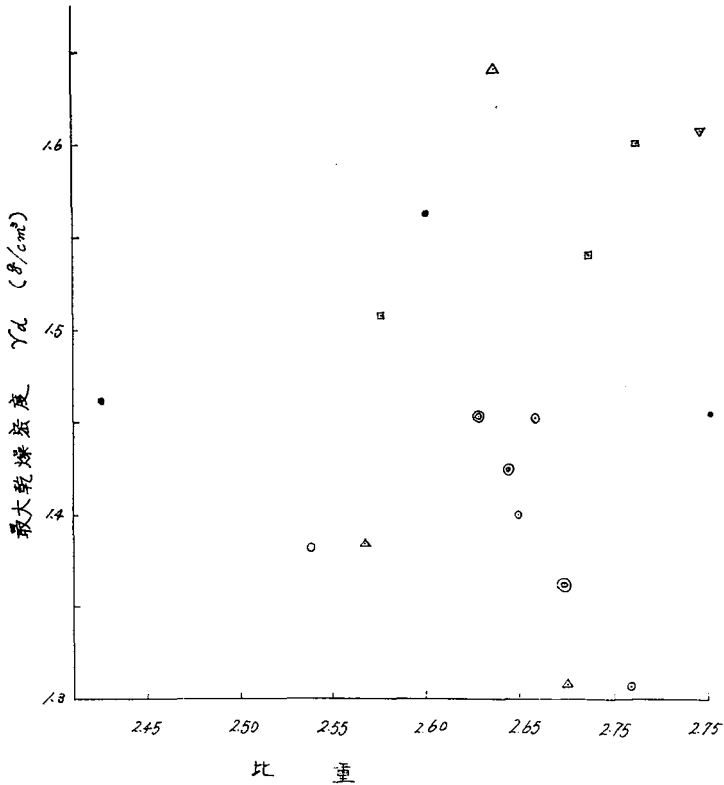
以上の図から、粘土分については第13図より粘土分が増加するのに対して、粘着力も内部摩擦角が増加している（但し第13図の30%以上の粘土分のみを考えている）。シルト分およびロームについては第14図よりシルト分の増加に対し粘着力は増加し、内部摩擦角は減少している（但し第13図の粘土分20%より30%にいたる試料について第14図に解釈を加えた）。砂分については試料が少なく確たることはいえないが、大体第15図より粘着力は砂分の増加にともない減少している。内部摩擦角については明確でない。以上のように一応の傾向はつかめるものと思う<sup>2), 4), 5)</sup>。

第10図、第11図における透水係数と間隙比との関係については一つの疑問をみいだした。すなわち、第10図の場合の粒度分布は粘土分が60%、シルト分が約25%である。100%締固めと95%締固めの間は透水係数が $10^{-6}$ と $10^{-7}$ の範囲内にとどまり、その傾度が急であるのに対して第11図の場合粘土分約35%、シルト分約40%では第9図の場合と同じく粘土に属しながら、100%締固めと95%締固めの透水係数の範囲は $10^{-5}$ から $10^{-7}$ にいたり、その傾度は第10図に比べて緩慢になっている。このことを要約すると粘土含有量の大小が100%締固めと95%締固めの透水係数値の範囲に大きく響き、さらに透水係数傾度に大差を与えるように思われる<sup>2), 4), 5)</sup>。

各試料の最適含水比と最大乾燥密度の関係を第16図に挙げた。この関係は図からも解るように、ある傾度を持って一直線上に並ぶようである。すなわち最大乾燥密度が減少すると最適含水



第16図 最大乾燥密度と最適含水比の関係



第17図 最大乾燥密度と比重の関係

比が増加するといった反比例関係を有する。一方最大乾燥密度と比重の関係について調べてみると第17図のようになり、その関係については規則だった関連性がみいだせなかった。しかし第16図のような一定した傾向がでてきたので、この関係を佐賀県内溜池用土が持っているものとして、次のような関係式を作ってみた<sup>3)</sup>。

$$\gamma_{dm} = -0.024wm + 2.109$$

$\gamma_{dm}$ ：最大乾燥密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$w$ ：最適含水比 (%)

これは一応佐賀県内溜池用土の締固め試験を行なう上に一つの目安になるのではないかと思う。

以上のように佐賀県内における最近の土取場調査を行なって、その結果について考察を加えたわけであるが、今後とも溜池用土の傾向について検討をこころみたい。

#### 引 用 文 献

- 1) 土質工学会編：土質試験法 (1964)
- 2) 土質工学会編：土と基礎の設計法 その1 81~102 (1963)  
土と基礎の設計法 その2 75~77 (1963)
- 3) 久野悟郎著：土の締固め 技報堂全書 55~100 (1963)
- 4) 米国内務省開拓局編：土質便覧 山海堂 (1963)
- 5) 三木五三郎、山内豊聰共著：土質安定の理論と実際 オーム社 51~67 (1959)
- 6) 藤本 広著：液性限界一点決定法のための実験式 土と基礎 1—12(9) 33~36 (1964.9)