

比重計法による便利な土の粒度試験法 (抄訳)

大 川 純 孝*

現在比重計法は土の粒度試験の為に広く用いられ、改善されている。さらに研究の結果、次の改善変化がもたらされた。

1) 現在は新型の分散機が使用され、それはまた初期の混合機に比し、便利で効果的なものである。

2) 新型の比重計は流線球部を有し、速かに均衡を保持し、小範囲の目盛でさらに精密である。

(図-1)

3) 口縁なしの円筒が使用されている。二三カ所にわたり改善され、二三の手法上の変化はこの方法における精度を増すもので、次に示すものは最近の比重計法による土の粒度分析の進歩した試験方法である。

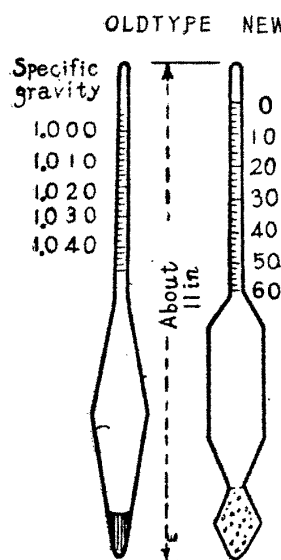


図-1 比重計の比較 炉乾燥した微粒子の土 50g

または砂 100 g を分散容器へ入れ、円筒の口より約 1.5" (4 cm) の所まで蒸留水を入れる。珪酸ソーダ 5 cc. を加えるか、あるいは 67°F (19.4°C) の時の液体比重計の読み 36 (古い型の場合 1.023) の珪酸ソーダ 5 cc. 濃過された珪酸ナトリウム飽和溶液 5 cc. を加える。

その時土に塊があれば、消和浸潤するまで充分時間を与える。実際においては分散する前の約 15 分で土全部に浸潤するものである。

土は常に気乾状態でなければならない。それは湿潤状態では消和が困難である為である。

また浸潤は分類容器の中で行われコップへ流し込まれ後それを攪拌機へ取り付け、砂ならば 5 分間、他は 10 分間攪拌する。分散が困難な土は 20~30 分間、分散機にかけておくべきであるが砂は摩滅の恐れがあるので、5 分間以上は攪拌することはできない。特殊円筒へ内容物を注いでしまう。もし 50 g の土を用いた場合は下部の標示まで水を満し、100 g の土に対しては上部の標示まで水を満す。もちろんこの場合蒸留水を用うべきである。

円筒より比重計を取り出して数回逆にしたり、左右へ振ったりして、完全に円筒を回転して力強く内容物を振る。この時は乾いた掌で口を封じる。

円筒は速かに膝付台か卓子の上へおいて、その時間を

速かに記帳する。所定の時間に比重計を円筒内の溶液中へ挿入し、メニスカスの頂部を読み、記録して比重計を取り出す。その後は比重計の肩に相当する部分に僅かながら沈殿する傾向があるので、各読みに対して引き続きそのままにしておくのは不都合である。

所定の時間に比重計を用いる時は、比重計は清潔にしておくべきで、各比重計の読みに対する懸濁液の温度を測定する。比重計や温度計の挿入に際しては余り混濁させないようにする。

67°F 以上、以下にあつては 1°F 毎に比重計の目盛の 0.2 目盛の温度補正を行うが、この温度補正は極度の濃度の懸濁液や温度の著しい変化も関連するように略々近似値に過ぎない。最も精密な比重計の読みは 67°F で取られる。それは実際に懸濁液中で比重計が目盛られた時の温度である。

100°F (約 38°C) のような温度や 50°F (約 10°C) のような温度は避けた方がよい。低い温度よりも高い温度の方がよい。67°F より高い温度に対する補正量は比重計の読みに加えられ、低い場合は減ぜられる。他の重要なことは攪拌機の状態ということである。実際に比重計法の成果は攪拌液の状態にまつもので完全な攪拌液は攪拌翼の状態が良好でなければならない。今までにこの方法に使用された翼は磨滅し易く、偏平になり、細くなるようなもので、このような状態での結果は実際に頼りない。適当に分散されずに行われた結果は正確でない。

この方法における欠点を除く為に新しい翼と「つまみ」が用いられ、回転軸に配置される。翼が擦り減つた時は軸から螺旋を抜くことによつて新しいものと取り換えられる。本来の器具抵抗となる翼は規定されてある外に、この装置は今まで行われていたように翼を交換する為に回転軸の交換の必要がない。翼は安価で度々取り替えられるものである。

古い型式の攪拌機も自然新しい型式へ転換する傾向にある。さらに注目すべきことには、バッフル付きの分散コップである。土はバッフル無しでは充分分散することはできない。

砂、沈泥、粘土、微細粘土の定量を比重計法によつて測定するのに、規約要旨による計算の方法は下記の通りである。

40 秒後における正しい比重計の読みは絶乾試料重量で除せられ、100 を乗ずる。その答が 40 秒後の沈殿した残りの試料の割合で、100 からこの割合を引いた答が

* 農林省曾根干拓建設事業所、農林技官

40 秒後の沈澱した試料の割合で土の中に含まれた砂を表わすはずである。

1 時間後における比重計の正しい読みを乾土重量で除し、100 を乗ずる。その答は懸濁液中の試料の割合で普通の粘土とみなされる。その答から普通の沈泥の割合は 100 から粘土の割合、さらに砂の割合を引いて得られる。微細粘土を得ることは 2 時間の正しい比重計の読みを乾土重量で除し、100 を乗ずる必要がある。

あらゆる試験研究はこのようにして行われるから比重計法は試薬により、適度に分散され、安定されるので、すべての土について正確で理論的で信頼するに足るものである。

もちろん泥炭や堆肥のようなものには適用されない。適度の有機質を含む土に備える確実な方法は、よく分解して、完全に分散することである。高度の有機質を含む土に対しては最初過酸化水素で処理すべきである。

膠質粘土や白土のような物質では比重計法は概して好結果をもたらさない。それは膠化し、乳化の傾向があつて比重計が真の懸濁液中で使用される時のようにゆかずくつついたりして自由に浮くことを阻止され勝ちで、分析の前にアルカリ性土を用い洗うことは一理があると言えよう。

さもなければ修正は感知できる塩分度に対して適用されるべきであろう。比重計の読みを引き続いて読むか時々読むかによつて、土の完全な粒径分類曲線とそれ等の各量が敏速に確実に求められる。

液体比重計により得たデーターの計算

液体比重計による分析は全試料の僅かの部分について普通に行われる篩分析と類似しているので、篩分析における場合と同じ理論によつて、特定の粒径より小さいものの百分比計算用の一般式は次のように書くことができる。

$$\left(\frac{W''}{W_{200}} \times 100 \right) \left(\frac{W' \%}{100} \right) = \frac{W'' W'}{W_{200}} \% = W'' \cdot F''$$

ここで W'' ; 懸濁液 1 l 当りの土を g 数で表した比重計の修正読み

W_{200} ; 懸濁液に用いた試料の乾土重量

$W' \%$; 200 番篩を通過した試料の百分比(修正された篩分析の結果から得られる)

F'' ; $W' \% / W_{200}$

いかなる試験でも $W' \%$ と W_{200} は一定であるから F'' の値は計算できる。この値 (F'') に W'' を乗ずると篩を通過した全試料の % を得る。

なおデーター作成に当り Bouyoucos の Hydrometer の観測に使用する直線の図表を参照し、これから、観測時間さえ測れば粒径 D mm の欄は記入できるわけである。この図表は比重計の各読みに対する粒子の大きさを計算するに当つて若干の「ストークスの法則」の変形を使用し、その実験の結果、温度、比重計の読みや土壌型による粒子の大きさの変化は比較的小さいことから、またこの図表を対数図表で表わせば直線になる等のことから作成され面倒な計算が省かれるものである。(図-4)

粒度決定の為に非常に正確を要する特定の沈泥研究の為には次の項目を附加し参考に供すべきである。

Hydrometer method (1940) あるいは「土の工学的性質」

さらにその Bouyoucos の比重計及び古い型の比重計を用いて行つた比重計法のデーター並に図表を作成して実際に試験した分析の結果の比較に便ならしめると共に新しい型の比重計がいかに簡便で精度を減じないか等について観察されるべきである。(図-5及び表-1, 表-2)

(参照) Hydrometer Method

H ; 液体比重計の読み高

W_s ; 懸濁液 1 l 当りに分散せしめた元の土の重量

x ; 懸濁液 1 l 当りに対する懸濁液内の土の重量

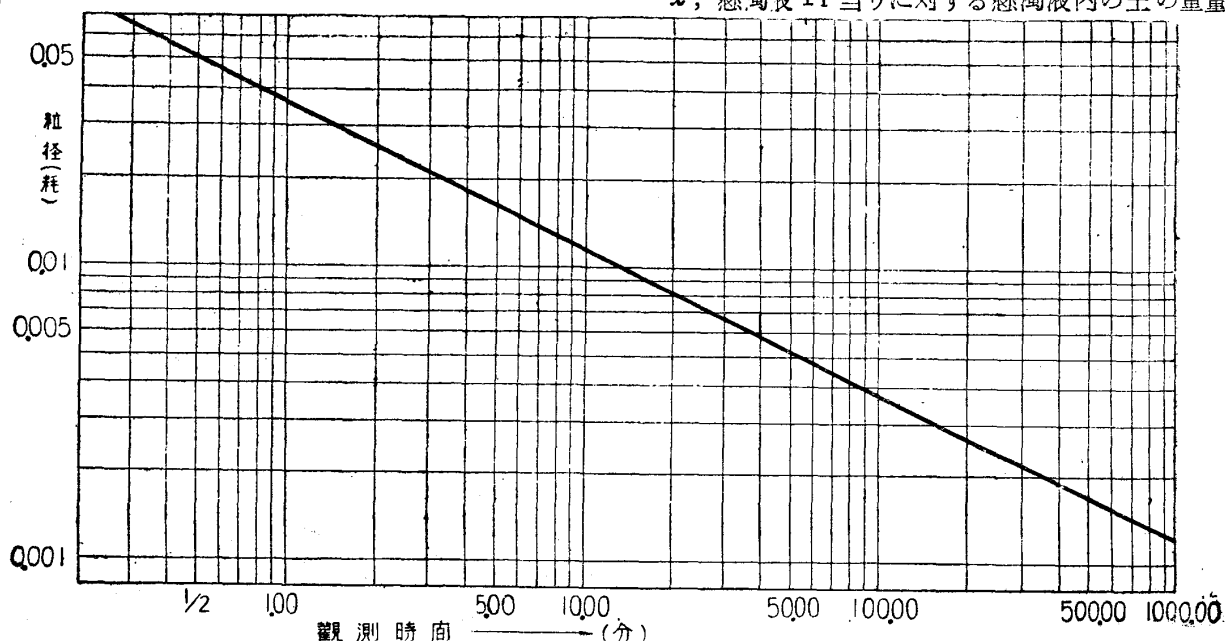


図-4 Bouyoucos の比重計の観測値よりデーター作製に使用する表 (参考)

表-1 Old Type による試験結果

土質試験試料名称 長崎県有馬干拓
試料番号 No. 3

粒 度 分 析
試験担当者 大 川

(1) 試 料 準 備

	通過重量	篩				通過
		6"	3"	1 1/2"	3/4"	1/4"
重	試料+容器					
量	容 器					
量	試 料					
通 過 量						
全 通 過 量 %						=R

(2) 篩 分 析

篩 番 号	粒子寸法	篩止寸法	通過重量	通過 %	対 全 通過重量通	対全通過%
4 #	4.75	—	59.69	100	59.69	100
8 #	2.37	—	59.69	100	"	"
14 #	1.20	—	59.69	100	"	"
28 #	0.600	—	59.69	100	"	"
40 #	0.420	—	59.69	100	"	"
100 #	0.149	—	59.69	100	"	"
200 #	0.074	1.2	58.49	98.0	"	"
底 皿 計		58.49	59.69		58.49	98.0

メヌスカス補正值 +0.001

比重番号 141 試料重量 58.49
比重補正 試料比重 2.45

(3) 比 重 分 析

年 月 日	沈殿 時間	時 間	水 温 °C	比 重 計 號	比 重 補 正	當 初 落 下 度 (L)	補 正 係 數		補 正 粒 徑	比重計読み の 小 数 値 (r × 1000)	$\frac{G}{1000G-G_1} = M$	乾 土 重 量 (w)	$\frac{M(r+F)}{w}$	$\frac{M(r+F)}{w} \times 100$	備 考
							$\frac{L}{T}$	k							
28.6.25	1/2	09.35	22	1.028	1.029	12.95	5.44	0.0142	0.07735	29.0	1.695	58.49	0.877	87.7 %	
"	1	09.36	"	1.027	1.028	13.10	3.62	"	0.0515	28.0	"		0.8305	83.0 %	
"	2	09.37	"	1.026	1.027	13.30	2.532	"	0.0360	27.0	"		0.8000	80.0 %	
"	5	09.40	"	1.024	1.025	13.70	1.650	"	0.0232	25.0	"		0.7430	74.3 %	
"	15	09.50	22.5	1.019	1.020	14.65	0.981	0.0141	0.0138	20.0	"		0.6050	60.5 %	
"	30	10.05	"	1.0165	1.0175	15.10	0.731	"	0.0103	17.5	"		0.5335	53.3 %	
"	60	10.35	22.8	1.0140	1.015	15.55	0.543	"	0.0076	15.0	"		0.4651	46.5 %	
"	240	13.35	23.0	1.010	1.011	16.30	0.2585	0.01404	0.0036	12.4	"		0.3525	35.2 %	
28.6.26	1440	09.35	25.0	1.0045	1.0055	17.35	0.1992	0.01372	0.0027	7.3	"		0.2070	20.7 %	
28.6.27	2880	09.35	24.0	1.0035	1.0045	17.51	0.0779	0.01388	0.0011	5.1	"		0.1734	17.3 %	

表-2 New Type による試験結果
篩 分 析

試験者 日 附		大 川		$F' = \frac{W\%}{W_4} = \frac{100}{59.62}$		$W_4=200$ 番上で洗滌 したものの乾土量	59.69
篩番号	篩上に残った ものの重量	通過したもの の重量	$\times$ $F =$	通過したもの の% $W(\%)$	粒 径 D (mm)	再秤量の場合の重量	—
4	0	59.69		100	4.75	皿上に残ったものの重 量	58.49
8	0	"		"	2.3	1/4"~No.200 までの 重量	1.2
14	0	"		"	1.20	No. 200 を通過したも のの重量	58.49
23	0	"		"	0.60	No. 200 を通過したも のの全体に対する%	97.98
43	0	"		"	0.420		
100	0	"		"	0.149		
200	1.2	58.49		97.98	0.074 mm		
皿	58.49					計 算 者	大 川
計	59.69					日附	

液体比重計による分析

試験者 日 時	大 川 28.6.27	比重計番号 開始時間	11 時 00 分	W_{200} =試料の乾土重量 58.49 $F''=W\%/W_{200}=97.89/58.49=1.674$				
時 間	温 度 °C	比重計の読み	比重計の 修 正 値	修正した読み	$\times F''$	通過量 %	粒 径 $D(\text{mm})$	備 考
1/2 (11.01)	24.5 (76.0°F)	54.5	+1.8	53.3	1.674	94.24	0.050	
1 (11.02)	"	51.6	"	53.4	"	89.39	0.036	
2 (11.03)	"	45.7	"	47.5	"	79.51	0.0264	
4 (11.05)	"	40.0	"	41.8	"	69.97	0.0190	
19 (11.20)	"	29.2	"	31.0	"	51.89	0.0090	
60 (12.01)	25.0 (77.0°F)	22.2	+2.0	24.2	"	40.51	0.0056	
240 (15.01)	25.5 (78.0°F)	15.5	+2.2	17.7	"	29.63	0.0026	
1440 (11.01)	26.0 (79.0°F)	9.0	+2.4	11.4	"	18.98	0.00123	

 ΔH ; 67°F を基準とした補正值 f ; 比重 2.65 を基準とした補正值

$$f = \frac{2.65 - 0.9984}{2.6500} \times \frac{G}{G - 0.9984}$$

 G ; 土の比重 P ; 懸濁液内に残存せる元の分散土の百分率

懸濁液内の土の百分率は次式によつて与えられる。

$$P = \frac{(H + \Delta H)f}{W_s} \times 100,$$

$$P = (H + \Delta H) \times \frac{f}{W_s} \times 100$$

比重 2.65, 温度 67°F の $W_s=50$ の標準条件の場合

$$P = \frac{H}{50} \times 100 = 2H$$

Stokes の法測によつて土粒子の直径を求むるにはこの粒子が一定時間内に沈下する距離を知る必要がある。
土粒子の沈下距離は懸濁液の表面と比重計底面高間の総

距離に等しい。

懸濁液内の土粒子の百分率, 分散せる土の重量に基づく百分率は図-2 より知る。

比重計読み高に対する懸濁液内の土粒子の大きさは図-3 を使用する。懸濁液内の最大寸法を求める為には比重計の読み高を縦距に沈下分数を横軸にした図-3 の上でトレーシングペーパーにカーブを画き, このペーパーを標準図表上の G 及び F に対する補正に相当するだけ右または左へ移動し所定の比重計の読み高に対する粒子寸法を知り得る。

なおこれをまとめる為に下記の書籍が参考に 供された。

「実験室に於ける土質試験の取扱法」(農林省農地局)

「土の工学的性質」

Soil Mechanics (クリューネ)

Fundamentals of Soil Mechanics (Taylor)

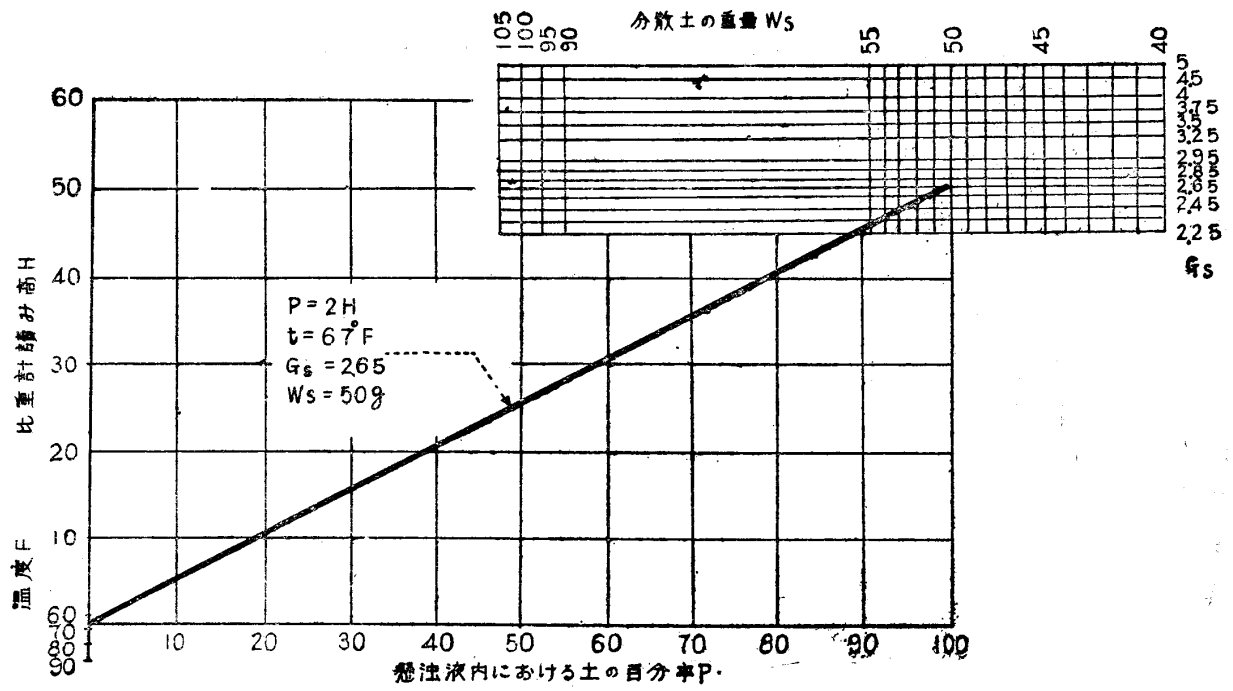


図-2

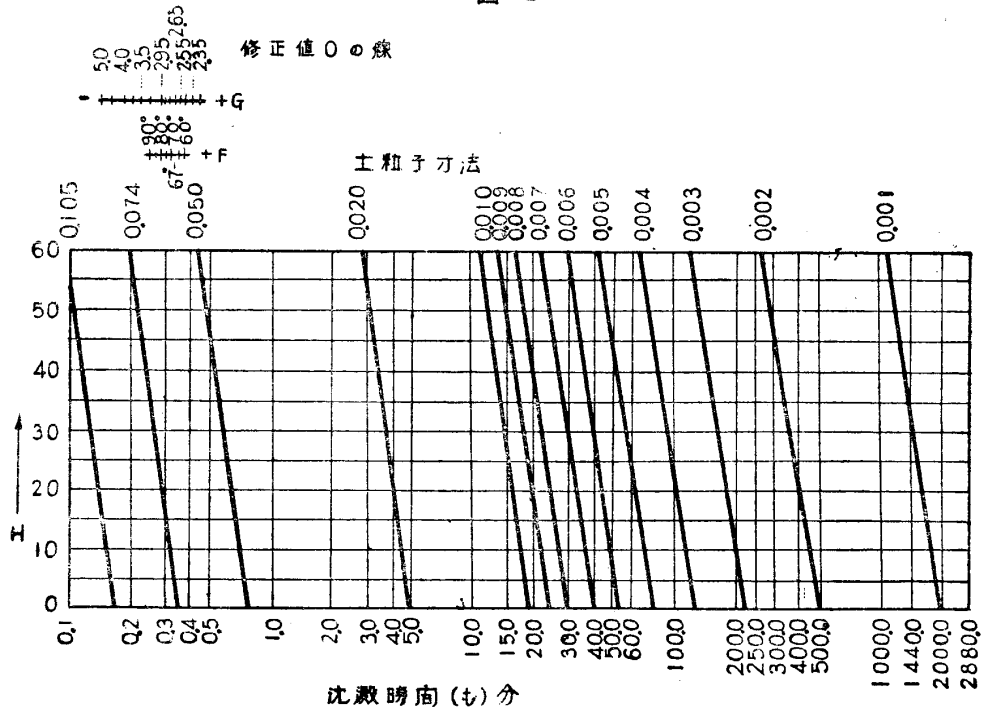
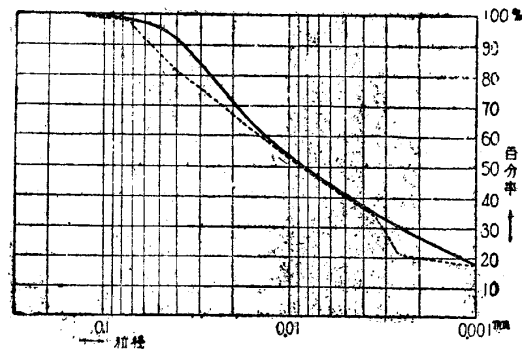


図-3



実線 New Type 点線 Old Type
図-5 液体比重計による分析比較表