

統一土質分類法にもとづく土の肉眼判定

やま だ とう じ
 山 田 剛 二*
 いま 井 とし 利**
 今 井 重 利**

1. ま え が き

土の工学的分類は現在統一分類法が広く用いられている。国鉄においても土構造物標準示方書（案）の中で、土の分類は統一土質分類によると規定されている。土の分類は土質試験を行えば、自動的に分類が定められるが、ボーリングなど、現場判定によって記載される土質名は三角座標的土質名、または慣用的土質名が用いられ、きわめて混乱している。これは土質分類が統一されていないことにもよるが、分類の細分化が現場判定の限度を越えたものになっているためとも考えられる。

土の肉眼判定は、粗粒土に対しては主として粒度、細粒土に対しては主としてコンシステンシーを推定し、利用目的に応じて土質分類法にしたがって、現場名を定める。肉眼判定法にはそれぞれ適合した方法が提唱されていて、その判定法に習熟すればある程度まで判別が可能であるが、判定者の個人差、技術差、試料状態によって肉眼判定には限度がある。ノリ面災害の土質試料を用いて、統一土質分類にもとづく肉眼判定を実施し、判別限界、ならびに判別の可能性を検討した。

2. 4分類による肉眼判定

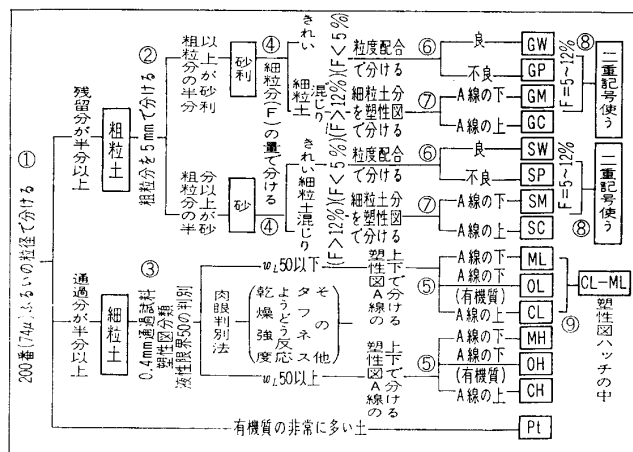
2.1 判定の条件

(1) 土質試料：判定に用いた試料は、国鉄沿線に発生したノリ面崩壊土中、なるべく各種の土が含まれるように142個を選んだ。ただし崩土には高塑性粘性土は少なく、液性限界 (LL) 80 以上の土は含まれていない。

(2) 判定者：技術能力、土質知識が精度に関係するので、技術レベルを次の2段階とした。①判定Aは一般土木技術者で土質の専門家ではないが、土の判別分類について一通りの知識の講習を受けた者（不特定多数）。②判定者Bは、土質試験を専門とし経験15年以上の者（特定者）とした。

(3) 判定規準：統一分類とし、分類手順は表-1に示すが、手順の中の①②③の分類、すなわち最初の4区

表-1 統一土質分類に基づく肉眼判別の手順



分、砂利、砂、低塑性粘性土 (LL 50 以下)、高塑性粘性土 (LL 50 以上) までの判定である。判定者Aに対してはノリ面災害カードに記載要領があり、その分類手順は上記の4分類であるが、手順③は次のように指示している。

細粒土 (LL<50)：細粒土をこねて両手で直径 3 mm のヒモを作る。再三折り重ねてヒモを作る途中でばらばらになり、ヒモにすることができないもの。

細粒土 (LL>50)：ヒモを作るとき、いつまでもこねかえしてヒモを作ることができるもの。

判定者Bは4分類の判定の外、細分類手順①～⑨まで行なう。細粒土のコンシステンシー分類は図-1の塑性図によって分類される。肉眼判定の結果はJISによる土質分類試験結果と比較し、判定の正誤を検討した。

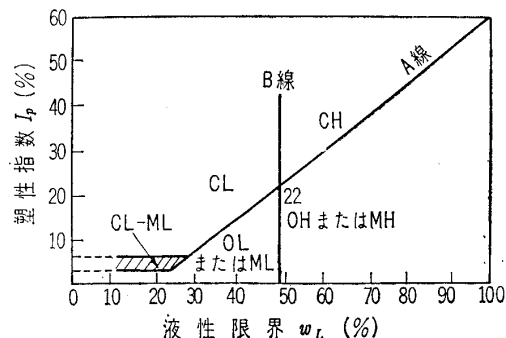


図-1 塑性図 (細粒土の分類)

* 鉄道技術研究所防災研究室室長
 ** 鉄道技術研究所

2.2 判定結果

(1) 判定者Aの判定結果

肉眼判定と土質試験結果との比較を表-2に示す。判

表-2 判定者Aの4分類判定結果(試料142個)

判定	試験	粗粒土		細粒土		各計	2区分の 適中率 (%)	4区分の 適中率 (%)
		砂利	砂	$W_L < 50$	$W_L > 50$			
粗粒土	砂利	①	20	1	0	22	$\% = 90$	$\% = 5$
	砂	2	②	3	1	27		
細粒土	$W_L < 50$	5	21	⑩	6	43	$\% = 45$	$\% = 26$
	$W_L > 50$	6	19	12	③	50		
各計		14	81	27	20	142	$\% = 61$	4分類 適中率
2区分適中率(%)		$\% = 46$		$\% = 89$				
4区分の 適中率(%)		$\% = 7$	$\% = 26$	$\% = 41$	$\% = 57$			$\% = 32\%$

□ : 2区分適中範囲 ○ : 4区分適中数

定の適否を検討すると、粗粒土と細粒土の2区分に対する全体としての適中率は61%であるが、4分類の全体に対する適中率は32%である。判定結果を統一分類用三角座標、および塑性図に記入したものが図-2のa, b

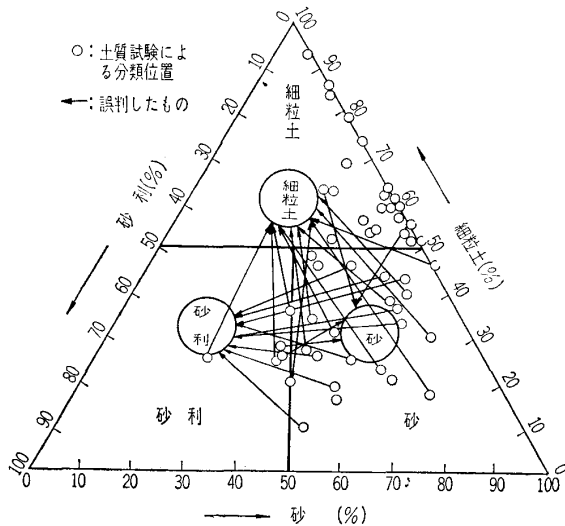


図-2 (a) 統一分類用三角座標による判別結果(判定者A)

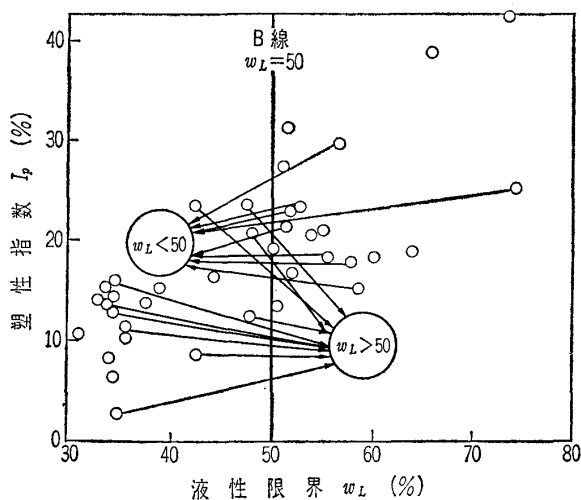


図-2 (b) 塑性図による $w_L 50$ の判別(判定者A)

である。判定傾向としては粗粒土の判定は不良で、粗粒土の半分近くを細粒土に誤判している。これは粒径および、重量比の感覚に不慣れのためで、細粒分を30%以上含むとほとんど細粒土に誤判するらしい。したがって、細粒土を粗粒土に誤判する例は少ない。細粒分の判別では、液性限界50以下の土を50以上に誤判する傾向が多い。

(2) 判定者Bの判定結果

判定者BはAが判定した試料142個の中から適中率がほぼ同率になるように55個を抽出し、4分類による肉眼判定を実施した。結果は表-3に示す。

表-3 判定者Bの4分類判定結果(試料55個)

判定	試験	粗粒土		細粒土		各計	2区分の 適中率 (%)	4区分の 適中率 (%)
		砂利	砂	$L_w < 50$	$L_w > 50$			
粗粒土	砂利	④	2			6	$\% = 96$	$\% = 67$
	砂	1	⑨	1		21		
細粒土	$W_L < 50$		2	⑩	2	15	$\% = 93$	$\% = 73$
	$W_L > 50$			1	⑫	13		
各計		5	23	13	14	55	$\% = 95$	4分類 適中率
2区分適中率(%)		$\% = 93$		$\% = 96$				
4区分の 適中率(%)		$\% = 80$	$\% = 83$	$\% = 85$	$\% = 86$			$\% = 84\%$

□ : 2区分適中範囲 ○ : 4区分適中数

判定の適否を検討すると、粗粒土と細粒土の2区分に対する全体としての適中率は95%、4分類の適中率は84%である。判定者Aの結果と比較して適中率が非常に良好である。判定結果を統一分類用三角座標、および塑性図に記入したものが図-3のa, bである。判定者Bが誤判した土の大部分は分類区分の境界付近の土で、このような土の肉眼判定はきわめて困難であろう。

判定者Aと、Bとでその結果に大きな差があるが、判別環境の差、技術習熟の差を考えれば当然な結果である

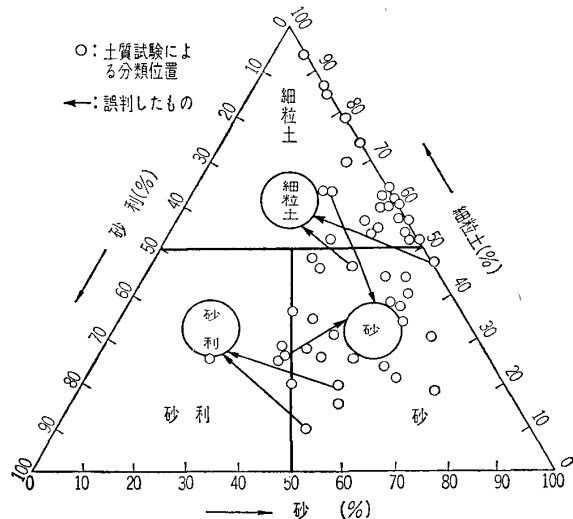


図-3 (a) 統一分類用三角座標による判別結果(判定者B)

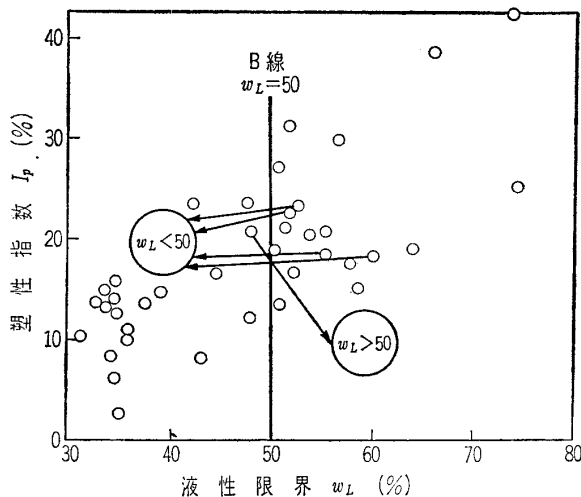


図-3 (b) 塑性図による w_L 50 の判別 (判定者B)

が、熱意、注意力の差も大きく影響していよう。

3. 細分類による肉眼判定の可能性、および、問題点とその検討

肉眼判定の限度は条件に応じて変化し、明確なものは求められないが、土質試験に経験の深い技術者が、肉眼判別の操作手順を注意深く行なった場合、どの程度の判別が可能であるのかを検討した。

3.1 肉眼判定の手順と操作

土の分類は粗粒土に対しては粒度、細粒土に対してはコンシステンシー (LL と I_p) に注目して行なうが、判別の順序は、大分類から細分類へ順を追って判定し、判定の区分では常に二つの分類のいずれに属するかで判定される。判別手順は表-1 に示してある。肉眼判別に用いられる判別操作は種々なものが提唱されているが、ここでは統一分類を基準として、それに適応する操作を選び、かつ二三の独自の方法を加えて判定を実施したので判定操作の概要を説明する。

(1) 粗粒土の判定手順と操作

表-1 の判別手順①が示すように、粗粒土と細粒土を分ける粒径の大きさは 0.074 mm (肉眼で粒子を識別できる最小の粒径) であり、砂判と砂を区分する粒径は 5 mm である。その分量の大小は重量比で判定する。砂利分、砂分、細粒土分の判別ができれば、手順④が終る。すなわち、きれいな砂利と砂、細粒土混りの砂利と砂の4分類ができる。それ以上の細分類は粒度配合、 0.4 mm 以下の細粒土で塑性図による分類をしなければならぬ。

粒度の判別操作は、まず砂利分 (5 mm 以上) を取り出し、全量に対する砂利の含有率 G を判定し、つぎに砂利を除いた残部について、砂の含有率 S' と細粒土の含有率 F' を判定し、全量に対する砂利 (G)、砂 (S)、細粒分 (F) の含有率を次式によって求める。

全量に対する砂利の含有率 $G\%$

全量に対する砂の含有率 $S = (100 - G) \times \frac{S'}{100}\%$

全量に対する細粒土の含有率

$F = (100 - G) \times \frac{F'}{100}\%$

試料が生土のまま、判別困難と判断される試料は気乾燥させた後、粒度の判別を実施する。

(2) 細粒土の判定手順と操作

まず試料中から No. 40 フレイ (0.4 mm) を通過する試料を取り出す。試験に邪魔になる試料を取り除くことによって判別試験が可能なのは生土のままよいが、細粒分が取り出せないと判断される試料は気乾燥させる。気乾燥試料はこれをときほぐし、一部をホーロー引き小バットなどに入れ、振動させながら容器を傾ける。下端に集まる粗粒子を取り除く操作を何回か繰り返えし、残部を細粒分の試料とする。この方法によれば、No. 40 フレイ通過率 90% 以上の試料を取り出すことが出来る。

コンシステンシーによる分類は塑性図によって分類されるが、肉眼判定方法には従来から外観・揺動反応乾燥強度、タフネス、リボン試験などがあるが、これらはシルトと粘土の判別をするもので、直接液性限界、塑性指数とは結びつかないので常に総合判断を必要とする。筆者らがとった方法は塑性回数 (追って述べる) によって液性限界 50 以下、以上を判定すると共に 図-19, 20 の関係を利用し、塑性図上のおおよその位置を推定する。各種の判別試験の反応から A 線上下を判別して、塑性図上の分類位置を決定する。判定操作の概要は次のとおりである。

a) 外観：試料土に適量の水を加え、こねたり、指でこすったりして、視覚、触覚、臭覚により主たる性質から砂質、シルト質、粘土質、有機質の 4 区分を判定する。ただし有機質か否かは生土で判定する必要がある。

b) 塑性ヒモ試験

① 塑性回数試験：JIS の塑性試験と全く同様な操作で土に水を加えて練り、ガラス板など平たい面と手のひらとの間で土をこころがす。土によって多少異なるが、10 回程度手のひらを往復させて約 3 mm 径のヒモにする。再びこれを折り重ねてヒモにする操作を繰り返し、ヒモにできなくなるまで行なう。それまでに折り重ねた回数を数えて塑性回数とする。この場合、最初の含水状態はガラス板や手のひらに、土がべとつかずにヒモにできる状態とする。塑性回数の多い程、塑性指数が大きいと判断される。

② 塑性ヒモ指圧試験：塑性限界付近の土の強度で判定する。タフネスのないものは土のヒモが軟弱でもろく、指先で軽く押しただけでくずれやすく、いったんくずれ

た試料は土ヒモにできない。タフネスが中位のものは、指先で押した場合、くずれるか偏平にするのに適当な堅さと粘りがある。タフネスの高いものは土ヒモが塑性限界付近になると、手のひらにかたい棒状の感触があり、土のヒモが切れ始めても、なお2~3回土のヒモにすることができる。土ヒモを指先で押すと、偏平にするのに堅さと強い粘りを感じずる。

c) 揺動試験：土に水を加えて液性限界よりやや多めの含水状態に練った土を手のひらに乗せ、その表面をヘラで平らにし、片方の手に打ち当てて水平に揺動する。土の表面に水がにじみ出し、表面が光り出すまでに要する揺動回数を数え、0~7回までを速い、8~12回を中位、13回以上をおそいとする。これは土の透水性に関係し、反応回数の少ないほどシルト分が多い。

d) 手のひら試験：手のひらの上で土に水を加え、指先でこねて液状に薄く延ばしてから手のひらを軽く握ってこぶしを作る。手のひらを静かに開いて手のひらの筋の部分の土の光沢を調べる。光沢の変化のないもの、変化の中位のもの、変化の有るものの3段階に判定する。これは透水性に関係があり、シルト分の多いものは変化

するが、粘土分の多いものは変化しない。

e) 乾燥強度試験

長さ3cm, 1cm角の角柱の供試体を作り、2日間室内で気乾燥させ、その強度を調べる。

① 指圧強度：供試体の一端をつまみ、圧砕されるものの、こわれのないものの2段階に分ける。

② 折損強度：指圧で圧砕できない供試体は、その両端部を両手の指先でつまみ、中央部で折損する。その強度を容易なもの、中位、堅いの3段階とする。堅いものは両手にかなりの力を要するものとした。

f) 光沢試験：乾燥強度に用いた供試体の一部を金属性のヘラでこすり、表面の光沢の程度を調べる。光沢のないもの、中位のもの、光沢のあるものの3段階とする。

以上の判定操作を78個の試料について行なったが、判定結果の例を示せば表-4の通りである。

3.2 判定結果

肉眼判定の結果と、土質試験結果を比較すると表-5の通りである。粗細の2区分の適中率は94%、4分類の適中率は86%とかなり良好であるが、細分類の適中率は65%と低下する。全体としてはかなりの程度で判別

が可能であることを示している。細分類までの判定結果を検討するには試料数、種類が不足し適当ではないが、傾向として判別しにくいものは粗粒土ではSM, SCに属するものであり、細粒土ではMHに属する土である。CH, OH, OLなどは比較的判別しやすいといえよう。

3.3 粒度判別の限界

(1) 砂利分・砂分・細粒土分の判定

粗粒土の判別操作3-1-(1)により砂利分、砂分、細粒土分を判定し、粒度試験結果と対比させ、統一分類用三角座標に記入したものが図-4である。全量に対する砂利分の含有率の推定、同じく砂分の含有率の推定を図示したものが図-5、6である。砂利の推定誤差は±10%、砂は+10%~-20%でかなり良好であるが、砂の含有率は少なめに判定される傾向がある。この傾向は判定者Bの個人的なものかも知れないが、細粒土分に入混った細砂は砂質的感覚が失なわれ、細粒土分に判別されるためであると推察される。

(2) 粗粒土と細粒土の判別

全量に対する粗粒分含有率の判定結果は図-7に示す通りである。粗粒分の推定含有率の誤差は+15%~-20%の範

表-4 肉眼判定例

試料 No.		157	163	S-1	102	108	132	
土の色		暗かっ色	暗青かっ色	黄かっ色	黄茶かっ色	黒かっ色	暗茶かっ色	
土質試験結果	粒度分析	砂利分 % 砂分 % 細粒分 %	11 52 37	32 42 26	29 40 31	0 14 86	1 37 62	7 39 54
	液性試験	液性限界 w_L 塑性限界 w_P 塑性指数 I_p 塑性図分類	31.4 24.5 6.9 ML	27.2 17.4 9.8 CL	75.6 39.5 36.1 (注)MH	56.0 26.4 29.6 CH	48.1 35.8 12.3 OL	52.0 35.0 16.8 OH
	統一土質分類	SM	SC	SM	CH	OL	OH	
	粒度配合	砂利分 % 砂分 % 細粒分 %	2 68 30	30 40 30	25 40 35	0 10 90	0 40 60	20 24 56
	塑性図分類	液性限界 w_L 塑性指数 I_p 塑性図分類	35 10 ML	30 12 CL	60 35 XCH	70 40 CH	35 8 OL	65 20 OH
統一土質分類	SM	SC	XSC	CH	OL	OH		
肉眼判別試験の反応度	外觀	土質 有機質	シルト質 無	粘土質 無	粘土質 無	粘土質 無	シルト質 有	粘土質 有
	塑性ヒモ試験	塑性回数 タフネス	4 なし	7.5 中	25 高	17 中	3.5 なし	17 中
	ようどう反応	ようどう回数 速さ	8 中	11 中	16 おそい	12 中	4.5 速い	8 中
	てのひら反応		あり	中	なし	中	あり	あり
	乾燥強度	指砕 折損	不能 弱	不能 中	不能 強	不能 強	不能 弱	不能 強
	光沢試験		なし	なし	あり	あり	なし	半

注：X印は土質試験による分類と一致しなかったもの。(注)は土の判別分類委員会試案ではCHとなる。

図にある。粗粒分を実際より少なめに判定する傾向は、砂利を除く、残量に対する砂と細粒分の判定において、砂分を少なめに判定した結果から生じたものである。しかし、図-7の不適中の範囲から見てかなりの判別が可能といえよう。

粗細の判別は粗粒土分が50%以上か否かの判定であって、当然その境界付近のものは判別が困難となる。粗粒土分の含有率を変えて、判別可能な限界を求めた。

判別に用いた試料を加積通過率で示すと4.76 mm=100%, 2.0 mm=96%, 0.42 mm=80%, 0.074 mm=50%, 0.005 mm=18%である。これをNo. 200番フルイ(0.074 mm径)で粗粒分と細粒分に分け、これを混合して粗粒分含有率30~75%まで変化させて各100gずつ、14種類の試料を作製した。砂利分を除いたのは判別が比較的容易であり、判別の難易は砂と細粒分の区分にあると考えたからである。

判定者はB1人に限り、試料の作製、配列は別人が行ない、判定は10回繰り返した。含有率で推定させたが、適中率は含有率そのものではなく、粗粒分50%以上か、否かで適中、不適中を定めた。図-8はその結果で、図中の棒グラフは判定の内容を示す。判定の誤差は±10%である。図-9は粗粒土分50%の判別限界を適中率から求めたものである。これによると、境界区分50%をはさんで5%ずつの範囲を除けば判別が可能なることを示す。この判定限界は条件が最良の場合であるが、判別限界の目安を示すものと思われる。

(3) 粗粒分が多い時の細粒分の判別

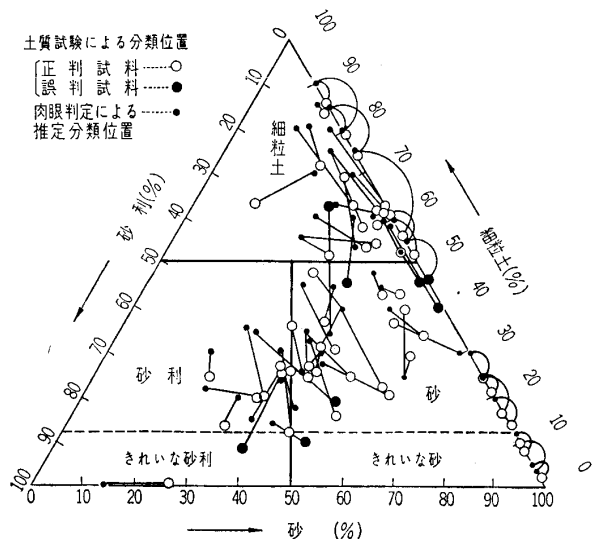


図-4 統一土質分類三角座標による判別結果

表-5 統一土質分類判定結果(試料78個)

土質試験 肉眼判定	粗粒土											細粒土					各小計	2区分 通過中率	4区分 通過中率	細分類 通過中数											
	砂利				砂							$w_L < 50$		$w_L > 50$																	
	GW	GP	GM	GC	SW	SP	SM	SM	SM	SC	SC	ML	OL	CL	MH	OH					CH										
粗粒土	GW																	0	15	%87	2	6	2	0							
砂利	GP	1																1													
	GP GM		②															2													
	GM		1	⑥	1		1											9													
	GC				②					1								3													
細粒土	SP					1												1	28	%93	1	4	0	12							
砂	SM							⑫	1	3								16													
	SM SC								2	①								3													
	SC				1				2		④							8													
細粒土	$w_L < 50$	ML							1	1		③			1			6	20	%70	8	3	2	8							
		OL											②					2													
		CL											1	⑧				12													
	$w_L > 50$	MH													1	③		1	5	15	%93	3	5	3	5						
		OH														③			3												
	CH															⑤		7													
各小計		1	3	6	4	1	1	17	2	11	4	2	10	7	3	6		78													
2区分通過中率	%91											%97					%94														
4区分通過中率	%93				%81							%88		%88			%86														
細分類通過中数	51個																	細分類通過中率%=65%													

□ : 2区分通過範囲
 ○ : 細分類通過中数

判別手順 表-1-④の砂利または砂が、細粒分(F)混り(F>12%)か、きれい(F<5%)かの判定区分に関する検討である。

調査試料は50%の判別限界に用いた試料で、細粒分の含有率2~20%含む調査試料11個を作り、同様な肉眼判定を実施した。結果は図-10に示す。細粒分が少なくなるほど誤差の幅は減少する傾向があり、細粒分が15%以上あれば12%以下に誤判することは少なく、3%以下ならば5%以上に誤判することは少ない。

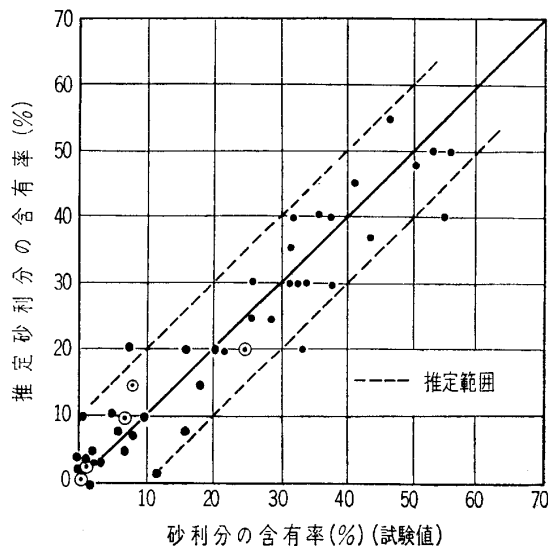


図-5 砂利分含有率の推定度

No. 612

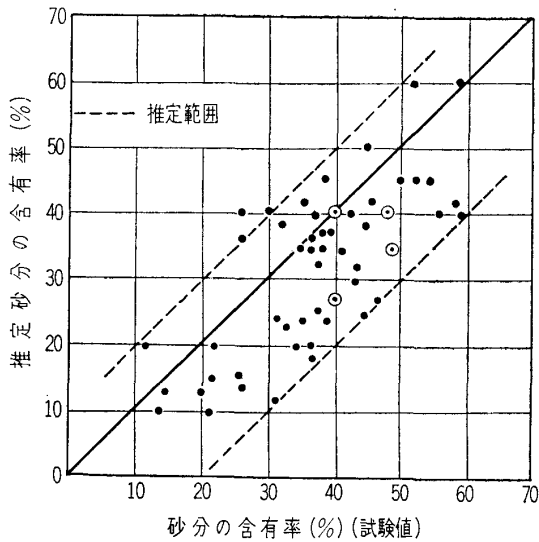


図-6 砂分含有率の推定度

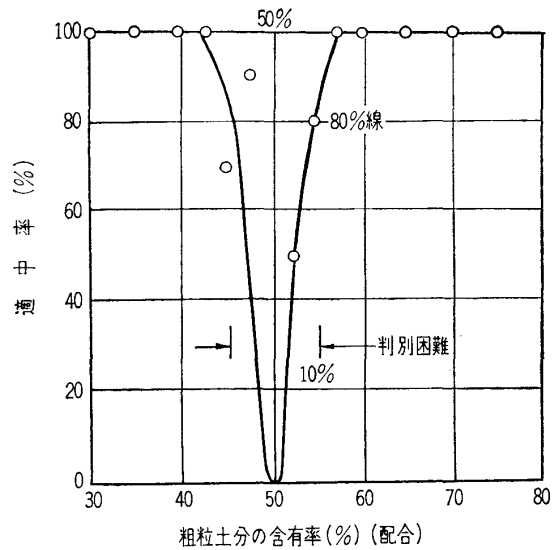


図-9 粗粒土の細粒土の判別区分の限界

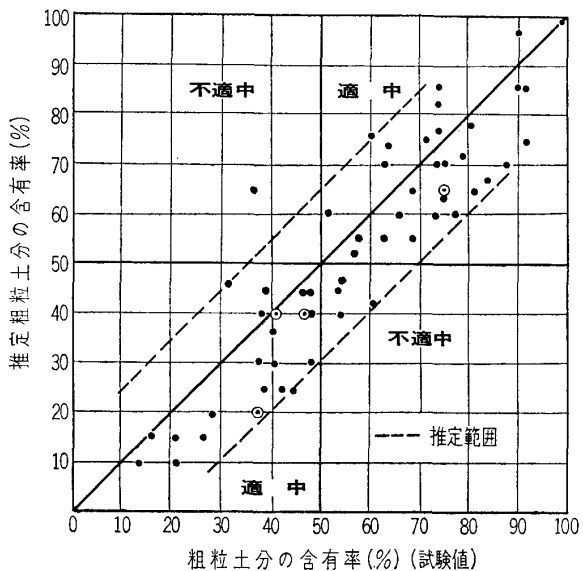


図-7 粗粒土と細粒土の判別度

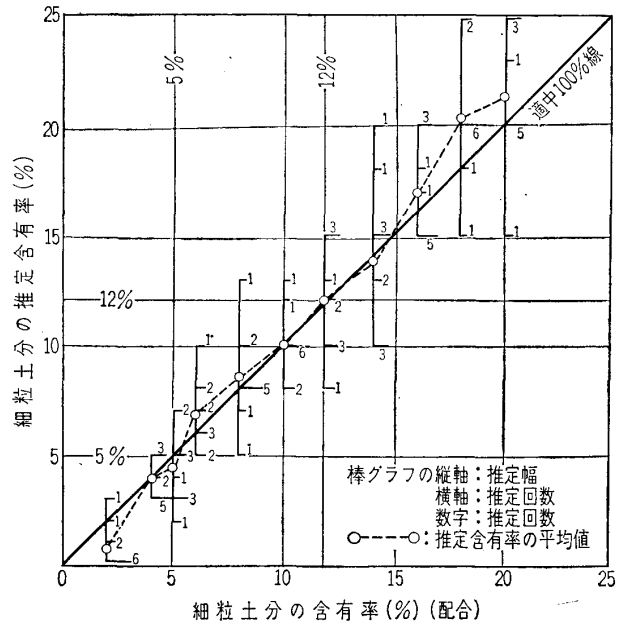


図-10 粗粒分が多いときの細粒分含有率の推定

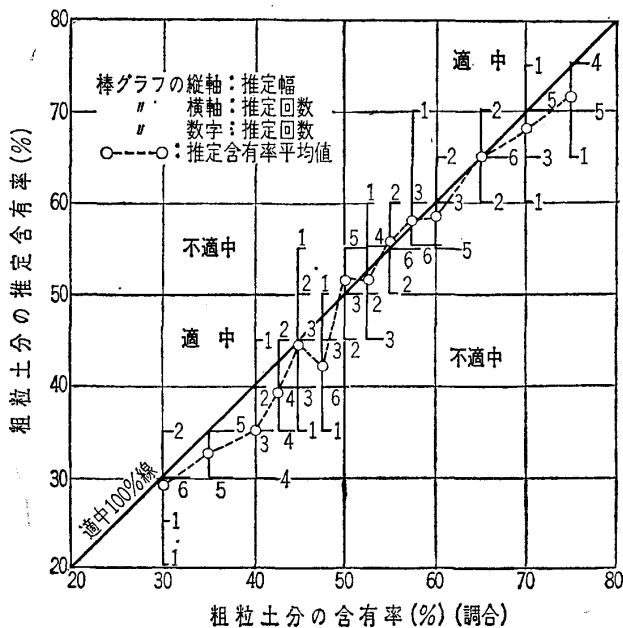


図-8 粗粒土分の調査含有率と推定含有率の関係

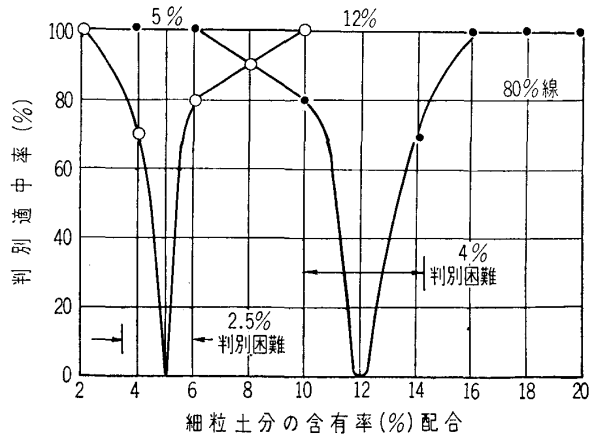


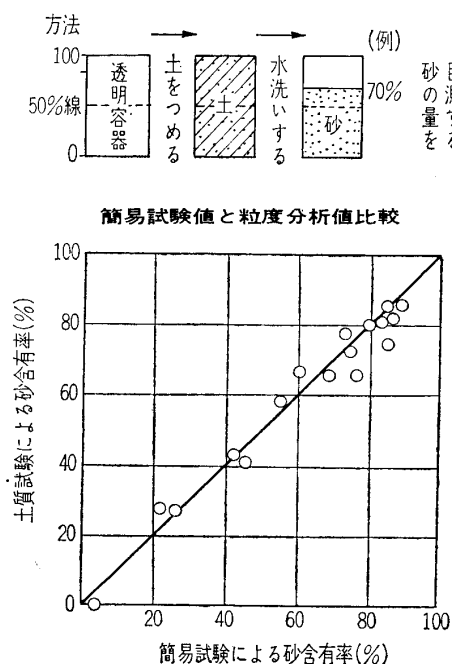
図-11 細粒土分 5%, 12% 判別限界

細粒分含有率 12% と 5% とを境界とする判別の適中率は 図一11 に示す。誤判する含有率の範囲は、12% 境界区分では 6%~16% であり、5% 境界区分では 2%~10% である。以上の結果から二重表示を考慮すれば粗粒分が多い時の細粒分の判別はそれ程困難ではなからう。

(4) 粗粒分と細粒分の簡易な判別試験法

土質分類に習熟した者には、今回の肉眼判別試験結果が示すように粗細の判別はそれ程困難ではないが、経験の浅い者にはかなり困難な場合が多い。土は一般に砂利、砂、シルト、粘土が入混り、肉眼で 74 μ 粒径で見分けることは実際上困難な事が多く、主として手ざわりで判断しなければならないのが問題点である。これを判別する方法には粗粒子の沈殿で判別する方法が知られているが、不確かな要素が多く経験を要する。経験の浅い者でも容易に判別出来る方法をここに述べる。

図一12 のように約 50 cc 程度の透明な縦長の円筒容



図一12 簡易法による砂分含有率の判定

器に、あらかじめ容量で 1/2 の線を一本引いておく。原則として砂利を除き、砂分と細粒分の含有率の推定に用いる。土は生土でも乾燥したものであっても差つかえないが、土を詰めた時よぶよするほど含水の多いものは少し乾燥させる。

土を指先で出来るだけ強く容器につめて表面を平らにする。土の全量を径 15 cm 程度の大きめの蒸発皿に取り出し、水を八分目に入れ、指先で土粒子をときほぐす。約 10 秒後、混濁したうわ水を静かに捨てる。粘土分とシルト分は流れる。この操作を繰り返す、うわ水の混濁がほぼなくなったら蒸発皿の砂をもとの容器にもどす。ヘラなどで 3~4 回軽く突ついて均一にならす。50%線

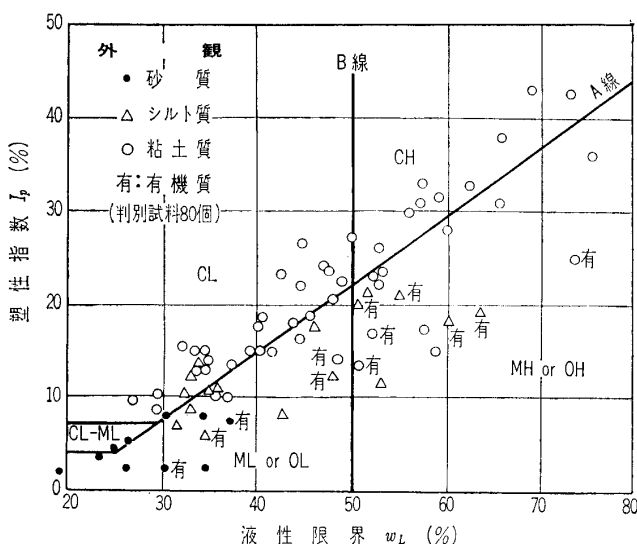
(1/2 量) を基準の線として砂の残留容量を目測する。この量はそのまま砂の重量含有率にほぼ一致することを確認した。その精度は 図一12 の下図に示すようになりにすぐれたものである。試料は粒度的にも、土の種類的にも、種々なものを試みた。これは簡易ではあるが、測定容器を用いるため、肉眼判定法とはいえないが、判別感覚を養うため、または、粒度判別の困難な試料に用いてきわめて有効であろう。

3.4 液性限界、塑性指数の判別限界

表一4 の 78 個の試料で細粒土の各種肉眼判定を行なったが、それらの反応から、判定感覚の傾向を検討し、また、塑性図上の分類位置を決定した時の推定液性限界、塑性指数を土質試験結果と比較した。

(1) おおのの肉眼判定の判定傾向

(a) 外観(図一13) : ①明らかなシルト質のものは



図一13 塑性図肉眼判別外観

A線の下に属す。②明らかな無機質粘土はA線の上に属す。③明らかな有機質のものはA線のかなり下に属す。④砂質的なものは LL 35 以下、 I_p 8、以下の範囲にある。この結果は常識的であるが、その判定内容は経験的な総合判断によるものである。

(b) 塑性ヒモ試験によるタフネス(図一14) : ①タフネスが無いものはA線以下で、 LL 、 I_p が小さい。②中位、または高いものはA線の上か、 LL 50 以上に属す。きわめて高いものは CH である。③ LL が同じならばタフネスは I_p に比例する。

(c) 揺動反応(図一15) : ①反応の速いものは LL 50以下で、A線の下に属すものが多い。②反応のおそいものはA線の上か、 LL 50 以上に属す。

(d) 手のひら反応(図一16) : ①反応が明らかなものはA線の下に属す。②反応が中位のものは LL 50 以下ではA線の上に属し、 LL 50 以上ではA線の下に属す。③反応のないものはA線の上に属し、 LL 50 以上に多い。

No. 612

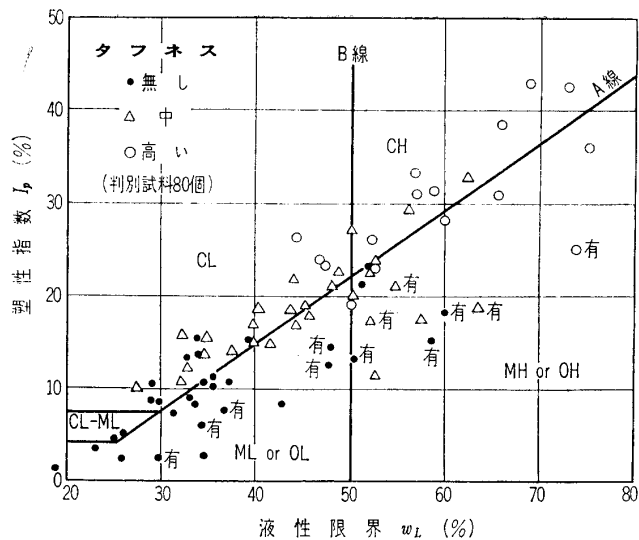


図-14 塑性図肉眼判定 タフネス (塑性限界付近)

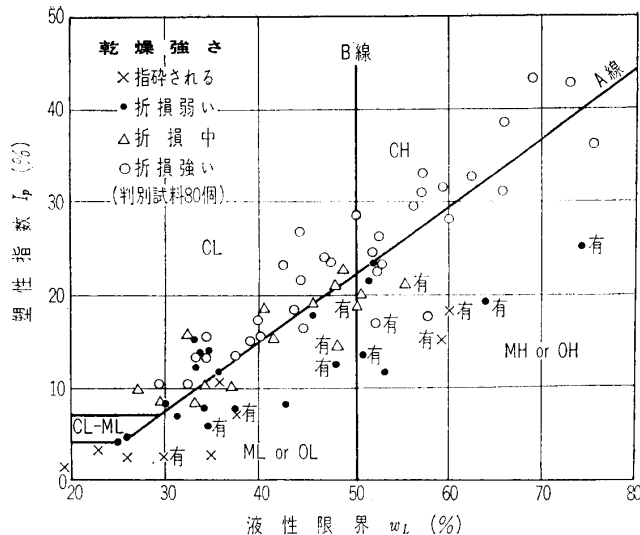


図-17 塑性図肉眼判定 乾燥強さ (指圧と折損)

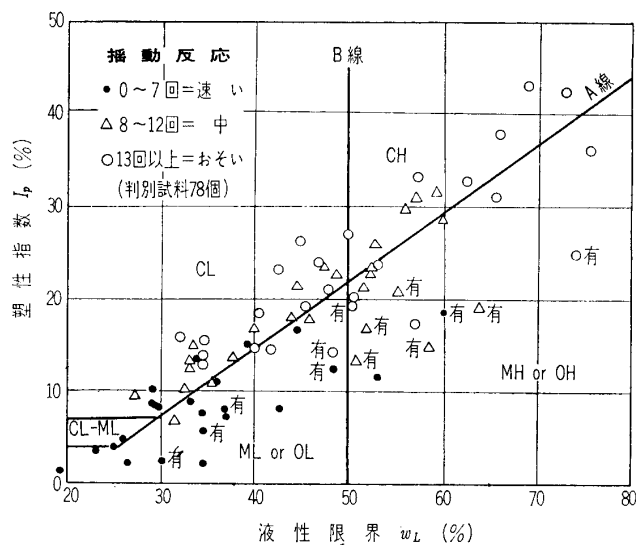


図-15 塑性図肉眼判定 揺動反応

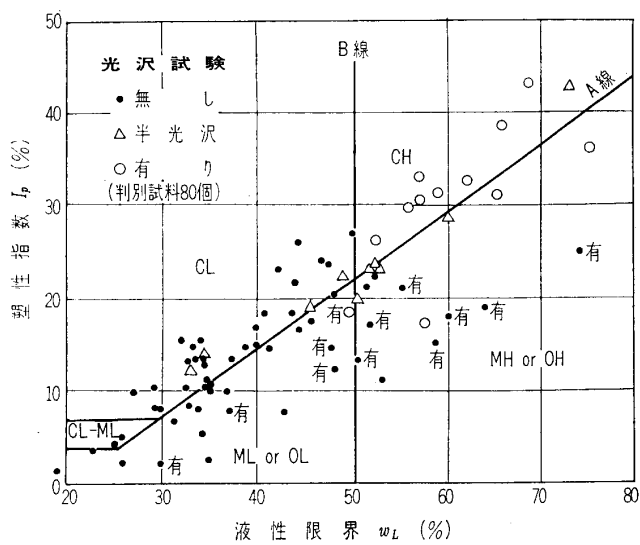


図-18 塑性図肉眼判定 光沢試験

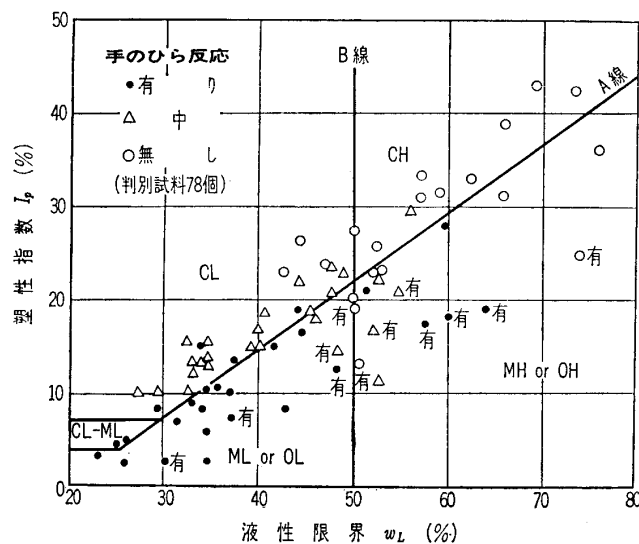


図-16 塑性図肉眼判定 手のひら反応

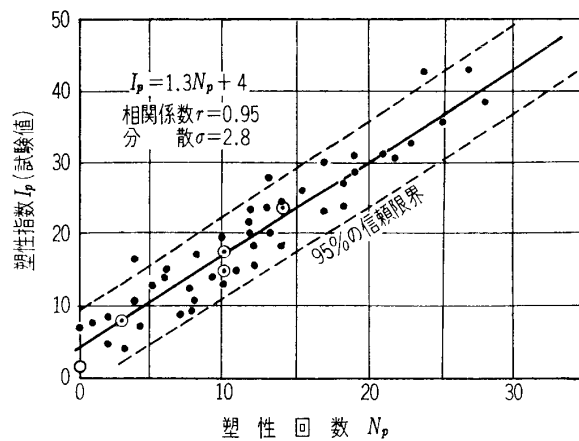


図-19 塑性回数と塑性指数の関係

(e) 乾燥強度 (図-17)

① 指圧強度：指圧でつぶれるものはA線の下に属し有機質土、および砂質土など、 I_p の小さい土である。大多数の粘性土は指圧ではつぶれない。

② 折損強度：折損強度の弱いものはA線の下に属し、折損強度の強いものはA線の上に属す。

(f) 光沢試験 (図-18)：①光沢のあるものはLL 50以上で、CHはかなり強い光沢をもつ、②光沢のないものはLL 50以下のものが多い (ただし有機土は除く)

(g) 塑性回数

① 塑性回数 N_p と塑性指数 I_p との関係は 図-19 に示す通り、きわめて相関が良い。 $I_p = 1.3 N_p + 4$ の直線式で示され、塑性回数から塑性指数を推定する誤差は ± 6 程度である。上式は個人差、気温など、試験環境により異なるので、一般式ではないが、塑性回数が塑性指数を示す目安となることは明らかである。

② 塑性回数と液性限界とは直接関係はないが、図-20 に示すように、 $w_L = 1.7 N_p + 24$ で示され、塑性回

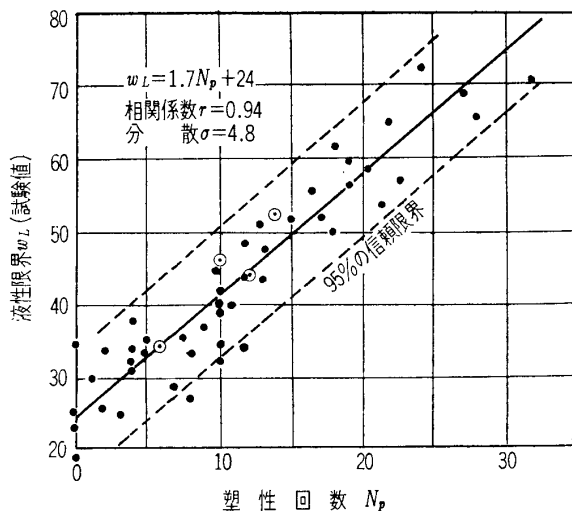


図-20 塑性回数と液性限界の関係

数が10回以下ならばLL 50以下、20回以上ならばLL 50以上と見なし得て、塑性回数は液性限界区分50の判別に役立つ。10回と20回の間回数は一義的に定めにくい、平均的に15回を液性限界50の判断の目安とする。ただし、明らかなシルト質土 (特に塑性指数の低いMH)、および、明らかな有機質土 (特に塑性指数の低いOH) には上記の関係が適用されない場合が散見されるので、この種の土は別の反応で判断する必要がある。

また、図-19, 20の関係を利用すれば、塑性回数からLL, I_p が推定できるので、塑性図A線上のどの辺に位置する試料かが推定できる。A線上下の判別はほかの判別法によって判定する。

(2) 総合判断による液性限界、塑性指数の推定

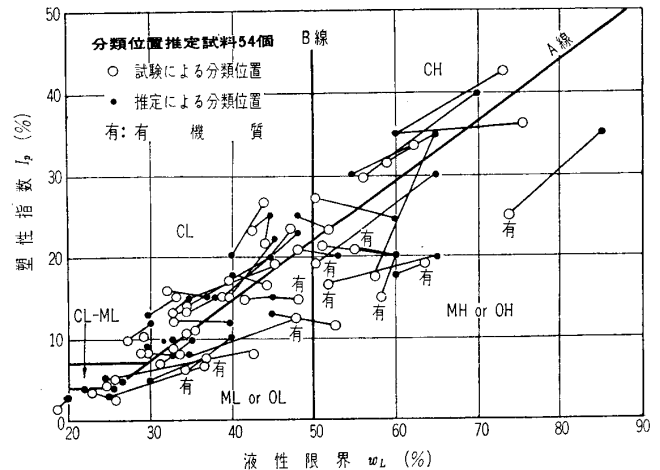


図-21 塑性図上における肉眼推定分類と試験分類の比較

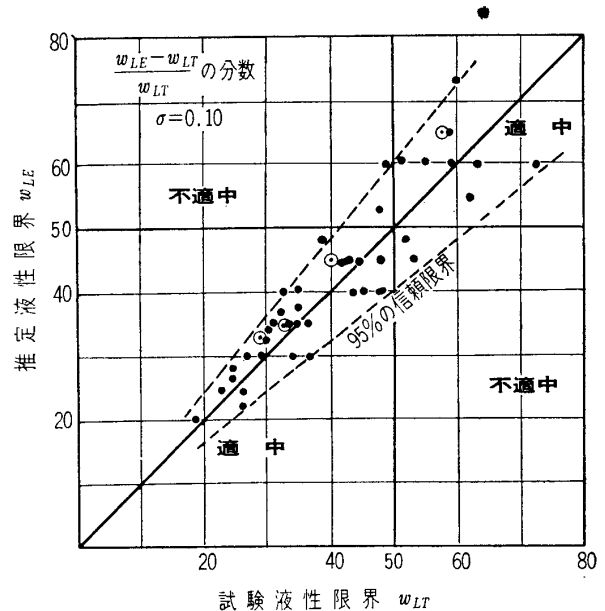


図-22 液性限界の試験値と推定値の比較

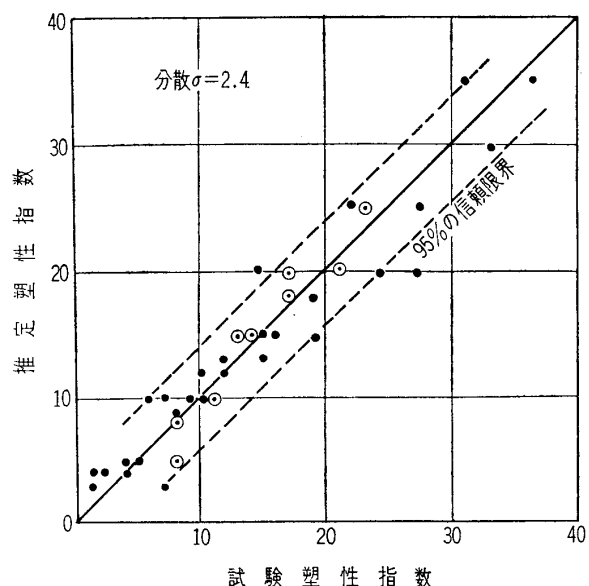


図-23 塑性指数の試験値と推定値の比較

肉眼判定によって、塑性図上の分類位置を推定したが推定による分類位置と試験による分類位置の比較は図-21に示す。数値推定を試みた54個の適中率を検討すると、A線上下の判別適中率は(CL-ML部分の2個除く) $44/52=85\%$ 、液性限界50区分の判別は $51/54=95\%$ 、塑性図による細分類は $43/54=80\%$ の適中率で判別はかなり良好である。この推定値と試験値の比較は、図-22、23に示す。液性限界は値が大きくなるほど、誤差が大きくなり、推定液性限界値の誤差は試験値の $\pm 20\%$ 、推定塑性指数値の誤差は $\pm 5\%$ 以内である。

細粒土の肉眼判定を実施する場合の判定表を表-6に

表-6 肉眼判定による細粒土の判別

推定塑性図分類	約0.4mm通過試料の肉眼判定試験																
	外観		湿潤試験					気乾燥供試体試験									
			塑性ヒモ試験		揺動試験			手のひら試験		乾燥強さ試験			光沢試験				
	砂質	シルト質	粘土質	有機質	タフネス	速	中	お	手のひら試験	指	折	折	折	折	折	折	
質	質	質	質	なし	中	速	中	お	あ	中	な	つぶ	つぶ	つぶ	つぶ	つぶ	
				なし	中	速	中	お	あ	中	な	つぶ	つぶ	つぶ	つぶ	つぶ	つぶ
ML	○	○			○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
CL			○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●
MH		○	○		○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
CH			○		○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
OL	○	○	○		○		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
OH	●	○	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○

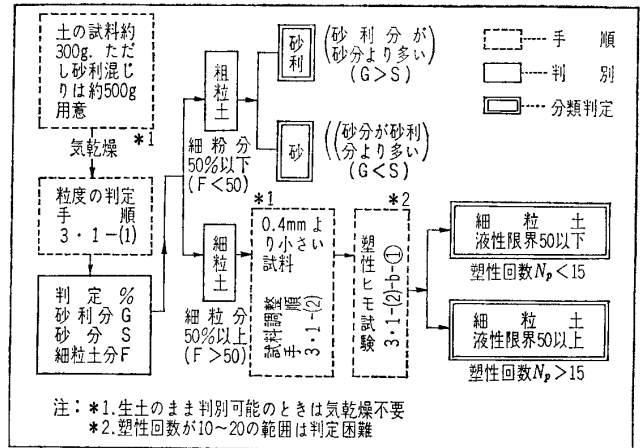
注：○：主たる反応を示すもの ●：ときどき反応を示すもの

示しておく、これは今回調べた反応傾向を総合的に検討して作成したものである。

3.5 肉眼判定による分類区分の限界

肉眼判定による分類は、試料調整、判定操作を注意深く行なえば、かなりの精度で判別が可能であるが、一般にはこのような操作を行なうことは困難で、細分類の判定はかなり無理と考える。肉眼判定でどの段階の区分まで行なうかは、分類法、判定者の技術・試料の種類が関連して困難な問題がある。しいて細分類を行なえば、誤判による混乱を生じ、大分類にとどめれば分類の意味が薄れる。しかし、現場土質名は細分類によって混乱を生ずるよりは、通常の判定で誤判の少ない分類にする方が望ましい。この意味で統一分類の4区分、砂利、砂、細粒土(LL50以下)、細粒土(LL50以上)の4分類にとどめるのが妥当であろう。この場合問題になるLL50の区分判定には、肉眼判定法の中の塑性回数を利用できよう。4区分の判定操作は表-7に示す。

表-7 統一土質分類4区分の判定手順



注：*1.生土のまま判別可能のときは気乾燥不要
*2.塑性回数が10~20の範囲は判定困難

4. 結 論

統一土質分類に基づく分類区分に対し、どの程度の判別ができるかを検討した結果。

4.1 粒度について

①粗細の判別適中率は90%以上であり、粗粒土含有率45%~55%は判別が困難。②砂利、砂の区分の適中率は90%以上である。③細粒分12%と5%の判別はそれほど困難ではない。

4.2 コンシステンシーの分類について

①LL50の判別適中率は90%以上。②塑性図A線上下の判別適中率は80%以上。③塑性図による細分類適中率は80%程度である。④塑性回数は液性限界および塑性指数と相関性がよい。

4.3 統一分類の細分類

総合適中率は各判別区分適中率の相乗積となるので細分類の全適中率は65%に低下しやや困難。

4.4 現場判定の分類区分の限界

統一土質分類の最初の4区分の判定、砂利、砂、細粒土(LL50以下)、細粒土(LL50以上)の判別は、かなりの精度で判別が可能である。現場土質名はこの4分類にとどめ、統一ある名称を与えることが望ましく、これによって、現場土質名の混乱が避けられるであろう。

参 考 文 献

- 1) 土質分類とその活用, 第11回土質工学シンポジウム. 1967.
- 2) 名古屋地盤図における土質分類の検討, 土と基礎, 1967-12.
- 3) 土の工学的分類法に関する問題点. 道路, 1967-11.

(原稿受付, 1970.7.31)

※ ※ ※