

講座：土質分類

5. 土の判別法（その2）

国鉄鉄道技術研究所 いま 今 い 井 しげ 重 とし 利

5.6 細粒土に対する判別

対象とする土を観察し、細粒分が半分以上あると判断される土は、細粒土である。細粒土に決まった土は、ただちに土の色、臭気、含有物を観察し、有機質土、火山灰質粘性土に分類し、そのいずれにも属さぬ無機質土は、その土の細粒土特性からシルトと粘性土に簡易分類する。液性限界、塑性限界試験を行なって分類する場合は、図-3.4の塑性図に基づくが、どのグループに属する土かは観察、および簡易試験だけで識別することができる。

5.6.1 有機質土の判別

有機質土は、一般に暗色、黒色を帯び、新鮮な湿った有機質土には分解した有気臭がある。熱すると一層臭気が明りょうとなり、その識別は比較的容易である。多少塑性的な有機質シルトもあれば、かなり粘性の強い有機質粘土もある。飽和した有機質粘土は、通常圧縮性が非常に大きく、乾燥強さは中ぐらいか、高い。

有機質土は普通、塑性図のA線の下に分布する。ただし、液性限界のきわめて高い有機質粘土には、A線の上にくるものがある。有機質土は{O}と簡易分類する。

その土が、火山灰質粘性土の場合は、有機質火山灰土(OV)と細分類する。

5.6.2 火山灰質粘性土の判別

火山灰質粘性土であるかどうかを識別するには、一般に現地の土層断面で調べると識別しやすい。火山国であるわが国には、各地にさまざまな火山灰土が存在する。その性質の違いは、供給源である火山の岩質や、タイ積環境、タイ積年代、風化の状態による。火山灰質粘性土には関東ロームなど、いわゆるロームの名で呼ばれる土や、九州の灰土、赤ボク、黒ボク、ヨナなどがそれである。土木材料として用いる場合、常識的に取り扱おうと、しばしば問題を生ずるため、特殊な土とみなされている。識別のための一般的な特徴をあげるとつぎのようなものがある。

(a) 乾燥した露頭の土塊は軽く、固結するものが多い。

その固結土は、指先でつぶし、粉末にし難い。

(b) 自然の土塊を割って、断面の含有鉱物（浮石、スコリアなど）を肉眼観察することによって、一般の粘性

土と区別できることが多い⁽⁴⁵⁾⁽⁴⁸⁾。また、現地では軽石などの火山噴出物を多量に含む層が、その土層の上下に存在すれば目安となる。

(e) 構造的にポーラスで包水性が大きく、鋭敏比がきわめて高い。したがって、湿った自然土塊を練ると、ぼろぼろしていた土があたかも含水を増したかのように軟化し、粘性を帯びる。十分に練返した供試体は自立できないことが多いが、このような土はトラフィカビリティの確保が困難となる。

(d) 有機質土と同様に、脱水に対する非可逆性がある。十分に乾燥した土に水を加えて練り、それと同一土層の湿った自然土塊を練った兩者について、手のひらでロールし、塑性の程度を比較する。火山灰質粘性土はいったん乾燥させるとかなり塑性の低下をきたす。

そのほか、火山ガラスの有無を検鏡し、その存在から識別する方法⁽⁴⁸⁾や、突固め試験を実施し、そのときに見られる特殊性や鋭敏性、その結果の密度から判断する方法⁽⁴⁵⁾⁽⁵²⁾があるが、現場的には上述の四つの方法が簡便であろう。

火山灰質粘性土の塑性図上の分布はきわめて広い。参考のためにその分布を示すと図-5.12のとおりである。例外もあるが、ほとんど液性限界40%以上であって、A線の下に広く分布する。火山灰質粘性土と判断される土は{V}と簡易分類する。

5.6.3 シルトと粘性土の判別

有機質土、火山灰質粘性土のいずれにも属さぬ無機質の細粒土を簡易分類するには、図-5.1の無機質土の手順に従えばよい。

(1) 試料の準備

対象とする土をよく練り、簡易試験を行なうのに邪魔になる粗粒子（粒径約0.4mm以上）を手で取り除き、親指の先程度の土塊を用意する。

もし、粗粒子が多く、簡単に除去し難い場合は、一握りの土に適度の水（手にべとつく程度）を加えて練り、両手の手のひらでこねる。土の付着した手を軽く払うようにすり合わせると、大半の粗粒子は落ちる。さらに残る粗粒子を指先で除き、手に付着した土をヘラで集め、少し水分を蒸発させて判別試料とする。現場での分類では、この試料

講座

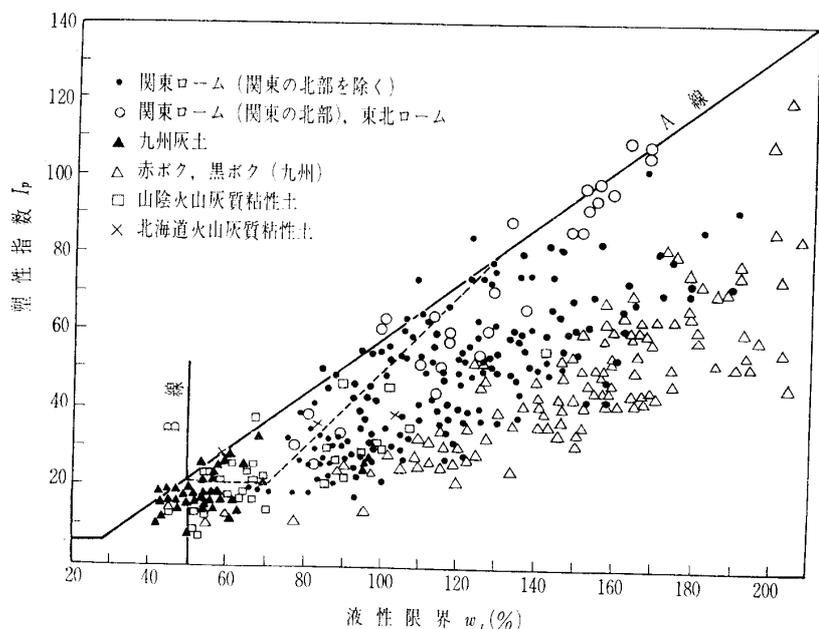


図-5.12 火山灰質粘性土の塑性図上の位置 (関東ローム研究委員会の資料)

で十分役に立つ。

(2) 触感による観察

土を指擦し、砂が目立つ土 (LL50% 以下に多い) と砂が目立たぬ土 (LL50% 以上に多い) に識別する。また、砂、シルト、粘土分のいずれの性質が最も卓越するかを判断する。ざらざらした感触は砂質であり、粘り気のある感触は粘土質である。手のひらに塗りつけた土を、水で洗い落とそうとするとき、数回両手をこすり合わせただけで、簡単に洗い落とせる土は一般にシルトである。ぬるぬるした感触があり、容易に洗い落とせない土は粘土である。混合土は判定しにくく個人差も多くなる。

粒度的な相違が、塑性図上の位置にどのように影響するかは、判別するときの参考となるため、以下にその関係を示す。

塑性図による分類は、粒径 420 μ 以下の土粒子を用いるため、この実験では 40 番フルイ通過試料を用いた。

分類試験を行ない、塑性図上の分類位置に円グラフを用いて砂、シルト、粘土分の含有割合を図示したものが図-5.13 である。

試料数が少ないため、全ぼうを示すものとはいえないが、液性限界が大きくなるに従って、粘土量が増加する。A線の下に、粘土分の少ないものがあるが、大局的には、A線上下で粘土量の差はない。塑性図上の位置の違いは、粒度や粘土鉱物の種類、イオンの種類などに影響されるものと考えられる。

植下ら⁴¹⁾は、名古屋地盤図の資料を整理した結果、非常にバラツキが大きい、平均値的關係において、粘土分 30% が液性限界 50% に対応すると述べているが、それとはほぼ一致する。また、約 30% 以上砂を含むと砂粒子が目立つが、そのような土は大体液性限界 50% 以下に多く、LL50% 以上には砂の目立つ土は少ない。

上述の分布を見ても、単なる粒度的識別だけでは、塑性図に基づく分類はむづかしく、土性の考慮が必要である。

細粒土特性を識別するためには、簡単な現場判別試験方法が、各種提案されている。なかでもキャサグランデが提唱し、その後、改良されて、現在米国の規格となっている統一土質分類法の現場判定法⁴⁹⁾は、諸外国でも採用してお

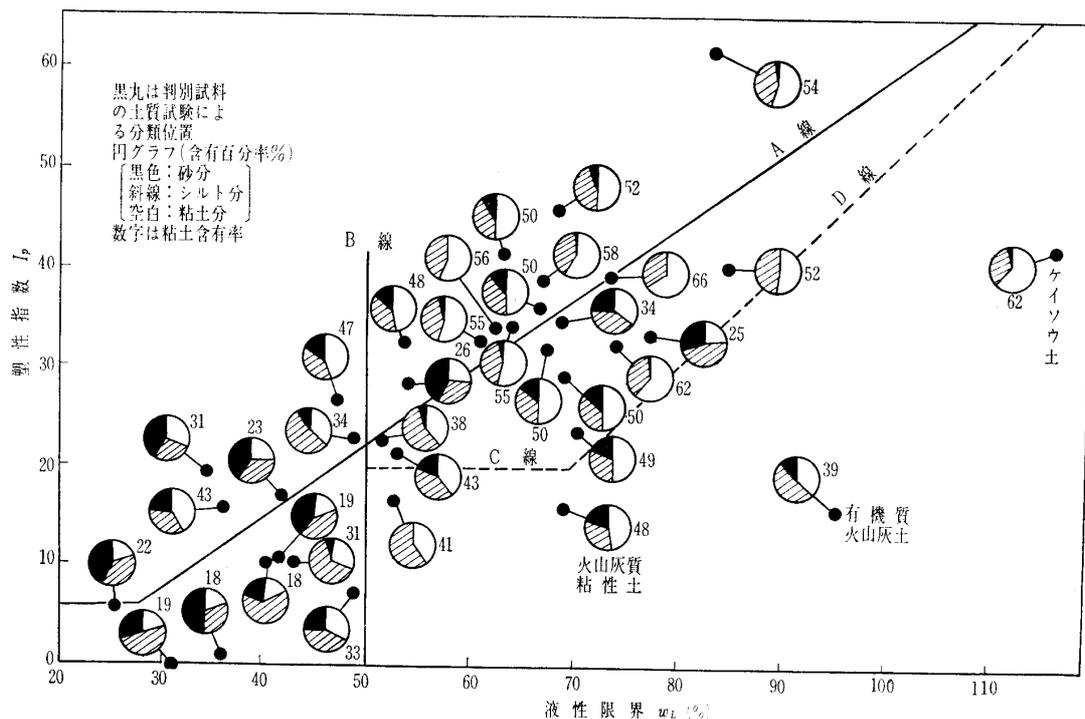


図-5.13 塑性図上の位置と砂、シルト、粘土分含有割合との関係

り、すぐれたものと考えられる。以下にそれを主体とした試験法を述べる。

(3) 簡易判別試験

つぎに述べる三つの試験は、前述の準備試料を用い、すべて練返した土の反応で評価する。

(a) ダイレイタンスー試験 (ゆすぶりに対する反応)

土をねばつかない程度にやわらかくこねる。それを一方の手のひらに載せ、表面をヘラなどでスムーズにし、水平に振動し、自由水が出てくるかどうか観察する。水平の振動のみで自由水が表面に出てこない場合は、試料を載せている手を他方の手に数回強く打ちつけ、自由水が表面に出てくるかどうかを観察する。つぎに、その手のひらをすぼめると、表面の自由水が試料中に消えるかどうか観察する。試料表面の自由水は、試料表面の光沢で判断できる。その反応によってつぎのように区分する。

- (i) ダイレイタンスー現象が顕著：振動中に水が現われ、つぎに、手のひらをすぼめるとすみやかに水が消える。
- (ii) ダイレイタンスー現象がわずか：試料を載せた手を他方の手に数回強く打ちつけることにより、かすかに水が現われ、つぎに、手のひらをすぼめると表面水がわずかに変化する。
- (iii) ダイレイタンスー現象がない：試料を載せた手を他方の手に数回強く打ちつけても水が現われず、手のひらをすぼめても表面水に変化がない。

(b) 塑性ひも試験 (塑性限界付近の土のタフネス)

ダイレイタンスー試験が終わった試料で行なう。土を平滑な面と手のひらの間、または両手の間で伸ばし、直径約3mmのひも状にする。これを折り重ねてロールし、きれぎれになるまでこの操作を繰り返す。このときの含水比がほぼ塑性限界である。塑性限界付近でロールしてひもを作るときに必要な圧力と、ひもの強さに注目する。限界に達した土を一つにまとめ、それがくずれるまでこねる。こねているときのタフネス (強じん性) に注意を払う。その反応でつぎのように区分する。

- (i) タフネスがない：土のひもを作ることができない。
- (ii) タフネスが弱い：塑性限界付近でロールするのにわずかの圧力でよく、土のひもはほとんど強さが無い。
- (iii) タフネスが中ぐらい：塑性限界付近でロールするのに中ぐらいの圧力が必要で、土のひもは5~6cm程度の自重をささえることができる。そのひもから作るかたまりは、わずかにこねるとくずれる。

(iv) タフネスが強い：塑性限界付近でロールするのにかなりの圧力が必要で、土のひもは5~6cm以上の自重をたやすくささえることができる。塑性限界が、やや不明りょうなものが多く、土ひもが切れかかってもさらに圧力を加えると数回はロールでき、ばらばらになりにくい。そのひもから作るかたまりは固く、粘着力がある。

(c) 乾燥強さ試験 (指砕および折損に対する強さ)

1cm角で、長さ3cmの供試体を作り、十分空気乾燥させ、その強さを調べる。

供試体の一端をつまみ、指圧で圧砕できるかどうかを調べる。圧砕できないものは、両端部をつまみ、中央で折る。そのときの強さでつぎのように区分する。

- (i) 乾燥強さがきわめて低い：指圧により圧砕できる。
- (ii) 乾燥強さが低い：指圧では圧砕しにくい、わずかな力で簡単に折れる。
- (iii) 乾燥強さが中ぐらい：指圧では圧砕できないが、比較的容易に折れる。
- (iv) 乾燥強さが高い：折るときの抵抗が大きい。

このほかに光沢試験、リボン試験、すりつぶし試験などがあるが、塑性図に基づく判別法としては、上記の三つの試験法を特に推奨する。

以上の簡易試験によって細粒土を判別する表を表-5.4に示す。これは、塑性図分類を用いている欧米諸国の判別表を比較するとともに、塑性図に分布する各種の土の反応を調べ、再検討を行なってまとめたものである。

(4) 総合判断によるシルトと粘性土の判別

表-5.4の簡易分類名のシルト {M} と粘性土 {C} に注目する。触感的な観察を行ない、表の代表的な土質名のうち

表-5.4 細粒土に対する簡易判別表

土 粒 界	細粒土の簡易分類記号	粒径0.42mm以下の土で行なう簡易試験とその識別						細粒土の分類記号	
		ダイレイタンスー		タフネス		乾燥強さ			
		顕著	わずかい	弱い	中位	きわめて低い	中位		きわめて高い
土 粒 界 75μmより小さい土粒子が半分	シルト {M}	■	—	■	■	■	■	砂質シルト シルト	シルト (ML) (低液性限界)
	粘性土 {C}	■	■	■	■	■	■	砂質粘性土 粘性土	シルト (MH) (高液性限界)
	有機質土 {O}	■	■	■	■	■	■	有機質シルト 有機質粘性土	粘質土 (CL)
	火山灰質土 {V}	■	■	■	■	■	■	火山灰質粘性土	粘質土 (CH)
高有機質土 {Pt}		黒色、暗色を呈し、多量の植物繊維質を含み、臭気顕著。							泥炭 (Pt)
		漆黒色、暗色を呈し、塑性有り、土ひもは海綿状を呈する。臭気顕著。							黒泥 (Mk)

注、■はおもなる反応を示し、—はときどき反応を示す。
-----は細分類区分を示す。

講 座

からその土に最もふさわしい土質グループに見当をつける。砂が目立つか、否かは一つの目安となろう。

必要に応じてダイレイタンスー、塑性ひも試験によるタフネスを調べる。それらの反応を判別表で照合することによってどのグループに属する土かが識別される。さらに判断しかねる場合は、乾燥強さも調べる必要がある。

新しく学会基準となる予定の日本統一土質分類法では、たとえ塑性図A線の下に分布する土であっても、土性的に粘性土と変わらぬ土は粘性土(C)とする。そのような土は図-5.13の塑性図で示すとA, C, D線の範ちゅうに多く見られる。

したがって簡易分類的に土をシルトと粘性土に2区分するとすればダイレイタンスー反応が顕著で、タフネスが弱い無機質土はシルト{M}と判定し、ダイレイタンスー反応がわずかか、あるいはなく、タフネスが中ぐらい以上の無機質土は粘性土{C}と判定すればよいであろう。

塑性図上に分布する土が、上述の観察や簡易試験によって、実際にどのような反応と分布をするか、具体的に示しておく。その判定や反応例は、土質試験を専門とする技術者によって行なわれたものである。

(5) 観察、ならびに簡易試験による諸反応の塑性図上の分布

(a) 触感観察による塑性図上の土質分布 (図-5.14)

塑性図に基づく分類と、三角座標分類との対応が、困難であることは、三木や植下らも指摘している⁴¹⁾⁴⁷⁾。この判定では、たとえば、粒度的に粘土に属する土であっても、粘性が強くない土はシルト質粘土、粘性の乏しい土は粘土質シルト、砂質が目立つ土はLL50%以下に多いなどと、経験的な判断によって判定がなされた。

触感的に粘性土と判断された土はA線の上下に分布し、シルトはA線の下に分布する。LL50%以上で粘土質シル

トと判断された土は大体 I_p 20以下の土である。また、砂がかなり目立つ土は大体 LL35%以下であり、そのような土は、砂分を40%近く、またはそれ以上含む土である。一般に粘土CHと低塑性シルトMLは、識別しやすいが、その他の土は触感のみでは判断しにくいものが多い。

(b) ダイレイタンスー反応の塑性図上の分布 (図-5.15)

方法は前述のダイレイタンスー試験と全く同様である。土を載せた手を一方の手に打ち当て、光沢の反応が現われるまでに要した回数を調べたものである。7回以下を速い、8~12回を中ぐらい、13回以上をおそい、または反応がないとした。この区分は塑性図上の分布を分類区的に分けるために決めた回数である。

一般に反応の速いものは、表面水の変化が顕著であり、シルトと判断すべき土である。粘性土は、中ぐらいの速さでわずかな反応を示すか、または反応がない。高液性限界シルトMHと見られる土は、手ざわりが粘土のようになめらかで判別しにくい。しかし、それらの土のダイレイタンスー反応は速いものからゆっくりしたものまでであるが、顕著な反応を示すことから粘性土と区別できる。

(c) 塑性ひも試験による塑性図上の分布 (図-5.16)

タフネスのないもの、および弱いものはシルトである。中ぐらいか強いものは、粘性土である。砂質の特に目立つ土は砂粒のためにこわれやすい。しかしこのような土の場合、3mm径の土ひもが比較的容易に作れ、ロールしてややかさのあるひもが作れるなら粘性土であり、ひもは作れても弱々しく、すぐくずれたり、作るのが困難な土はシルトと判断すべき土である。

(d) 乾燥強さの塑性図上の分布 (図-5.17)

指圧で圧砕されたり、折損強さが低い土はシルトである。折損強さが中ぐらいか、または高い土は粘性土である。砂分の特に目立つ粘性土は低い場合がある。

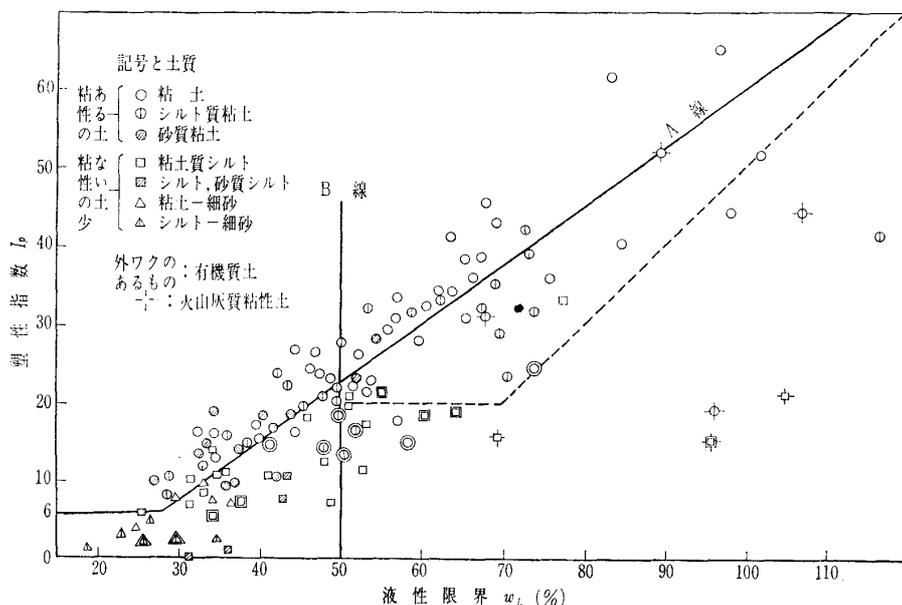


図-5.14 触感による判別と塑性図上の位置の関係

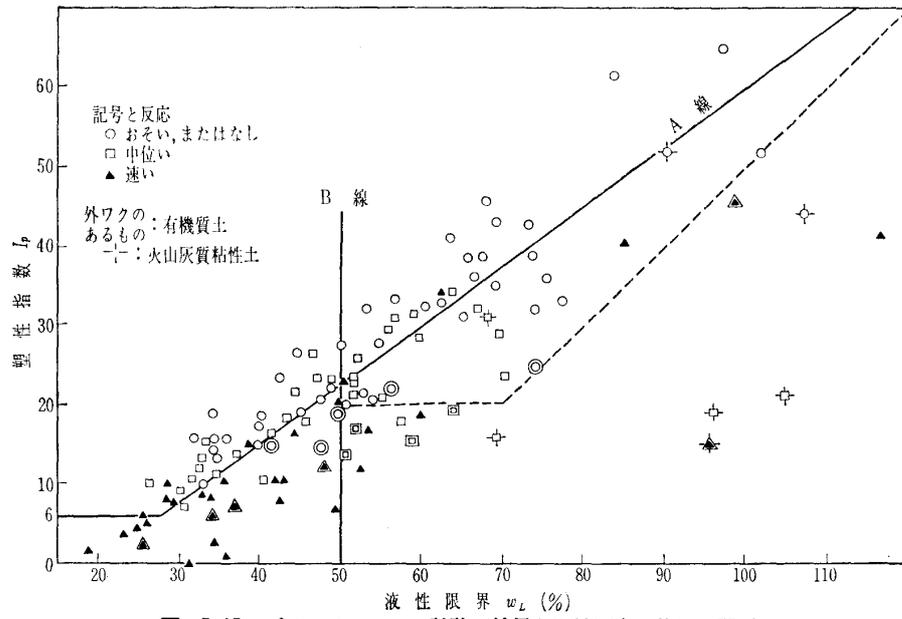


図-5.15 ダイレイタンスー試験の結果と塑性図上の位置の関係

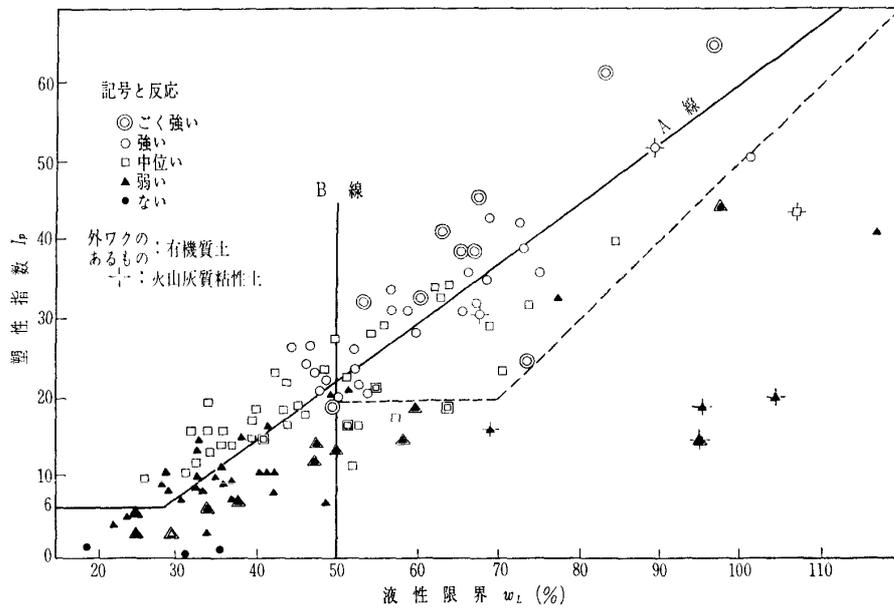


図-5.16 塑性ひも試験の結果と塑性図上の位置の関係

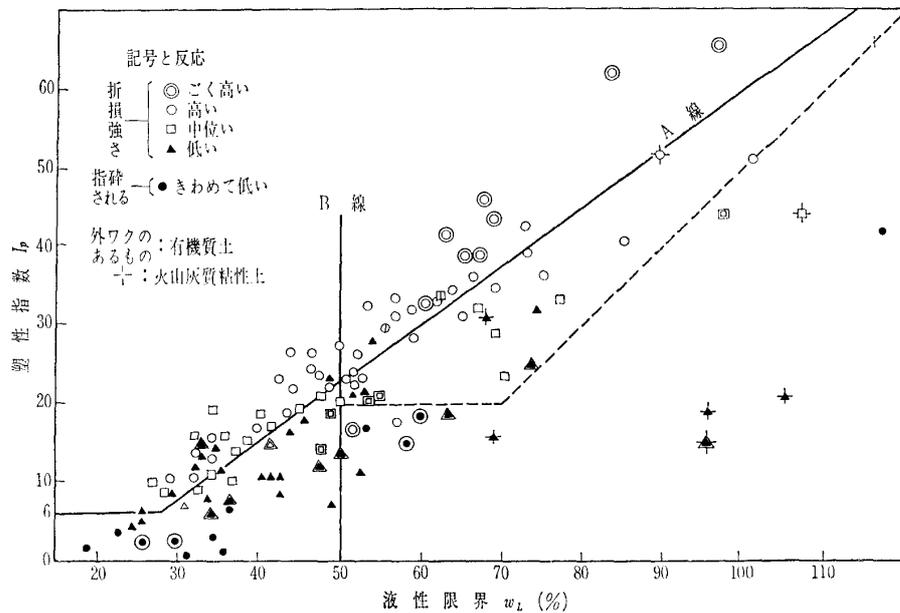


図-5.17 乾燥強さと塑性図上の位置の関係

講座

一般に提唱されている乾燥強さは、供試体を指圧で圧碎できるか否かで調べるが、実際に各種の土を気乾燥させて試験すると、指碎できる土は図に示すとおり、かなり低塑性のシルトや有機質土に限られ、大半の土は指碎することが不可能である。したがって、塑性図の区分判定のためには、折損の強さで区分する方が適切と考えられた。ただし、炉乾燥すると気乾燥よりかなり強度が増加する⁴³⁾ので注意を要する。十分空気乾燥させた土は、土によって含水比が異なるにもかかわらず、炉乾燥と比較して精度も劣らない。したがって現場的には、簡便である気乾燥法を推奨したい。この実験例も空気乾燥法で実施したものである。

以上述べた分布を見ても、分類境界に近い試料は別として、簡易分類はそれほど困難な作業ではない。また、これらの判別方法にある程度習熟すれば、細分類も不可能ではない。ただし、塑性図の4区分を明確に区別できる決め手

となる方法が少ないため、一般的には細分類はむずかしいといわざるを得ない。塑性ひもを作る時の折り返し回数試験方法は、細分類の識別にかなり役立つものと思われるので、参考のためつぎに述べておく。

5.6.4 塑性ひもの折り返し回数試験と細分類への適用

この方法は、LL50%の判定に役立つ。しかし、現場判別法とはいえ、少し入念に行なう必要があり、日射はさげなければならない。また、ダイレイタンシー反応が顕著で、タフネスの弱い明らかなシルト質土、火山灰質粘性土、有機質土には適用しないことを前提条件とする（塑性の低いMH, OH, VH₁, VH₂, OVには適用しがたい）。

方法は、塑性ひも試験と同様な操作で行なう。土に水を加えて練り、ガラス板など平たい面と手のひらの間で土をロールする。土によって異なるが、毎秒1往復程度の速さで、5~6cmの距離をロールし、8~10回往復させること

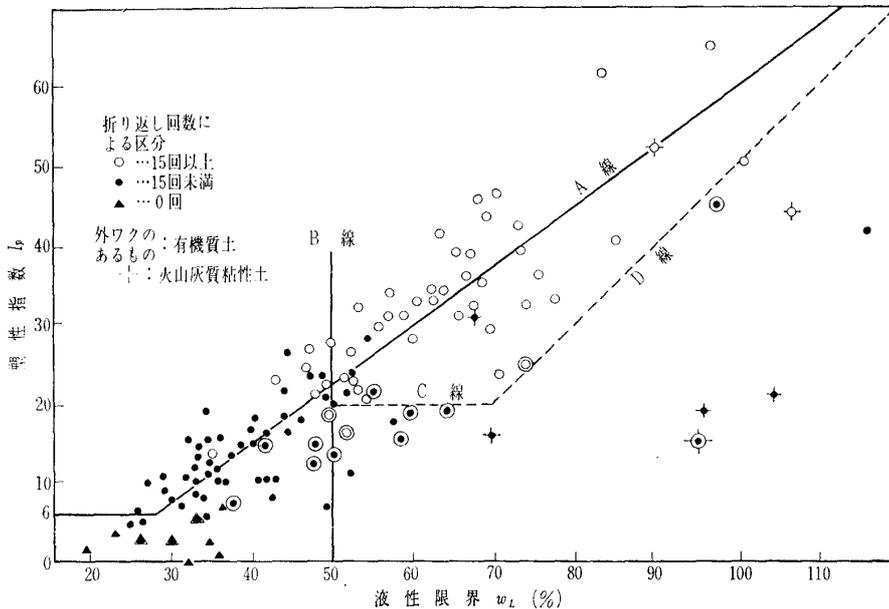


図-5.18 塑性ひもの折返し試験と塑性図上の位置の関係 (室温 17~30°C にて実施)

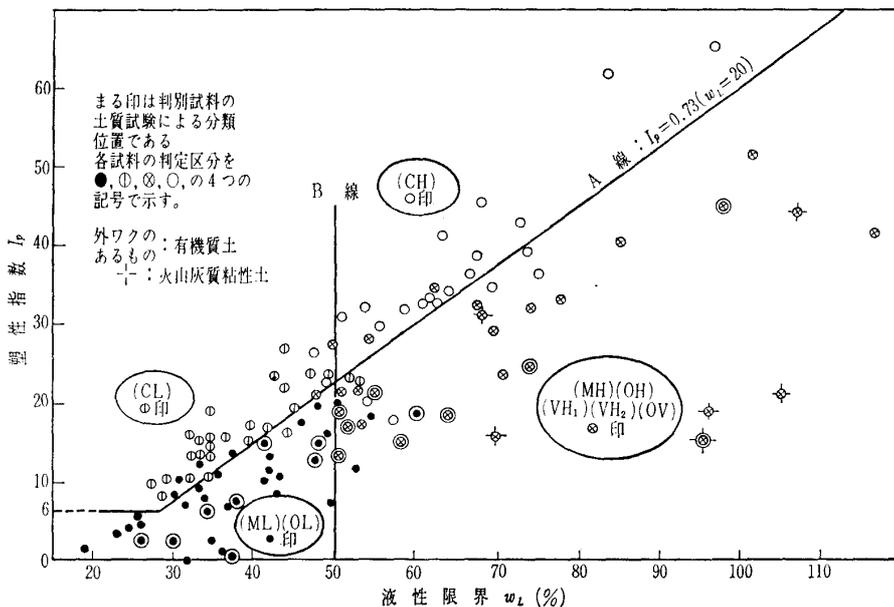


図-5.19 土の簡易試験による4区分の判定結果 (試料数 113個)

により、直径約3mmのひもにする。長さは約10cmとし、これを折り重ねて再びロールし、ひもにする操作を繰返す。一本のひもにできなくなるまで行ない、それまでに折り重ねた回数を数える。ただし、最初の含水状態はガラス板、手のひらに土がべとつかずにかろうじてひもにできるやわらかい状態とする。この回数の多いほど、塑性指数が大きいと判断される。

10回以下の土はLL50%以下の土、20回以上の土はLL50%以上の土と判断できる。10回と20回との間の回数は一義的に定めにくい、平均的には15回をLL50%の判断の目安とすることができる。塑性図に分布する土を15回で区分した結果は、図-5.18に示すとおりである。C、D線の下の大半の土は明らかにシルト質土、火山灰質粘性土、有機質土である。これらを除外すれば、LL50%の区分はかなり明確に判断できるといえよう。A線上下の判断は、他の判別法に従う必要がある。

この方法は個人差、気温など、試験環境で異なるため、単純にうのみにすることなく、分類試験を行なったときにこの方法を試み、経験的に境界区分を自ら会得されることを希望する。

以上に述べてきた観察、ならびに簡易試験を併用し、総合的判断の結果、土質を専門とする技術者の塑性図上の4区分の肉眼判定は、図-5.19に示すように、かなり良好な判定がなされた。A線上下の判定、LL50%の判定はおのおの約90%であり、4区分の適中率は約80%である。

判別環境にめぐまれない現場では、このような試験をすべて行なうことは不可能であろう。しかし、容易に識別できる土は別として、たとえ簡易分類であっても、単なる観察だけで済まらず、できるだけ簡易試験を試行し、正確な判定がなされるように、日頃からの修練を望みたい。

5.7 その他の注意事項

- (1) 判別方法として、露頭の乾燥土塊を指圧で圧砕したり、粉末状態で土質を判定することがよく行なわれる。しかし、前者はタイ積環境、タイ積年代による固結度の違い、土粒子構造の特殊性などがあり、後者については粉末にする程度や、粘土の乾燥固結のために、十分にほぐしきれないなどの難点がある。土によっては的確な判定ができるが、意外に誤判も多いためどのような判断がなされようと、念のため水を加えて練った状態で、再確認してみる必要がある。
- (2) いわゆる特殊土などは、地方の俗称名を用いることで、その土の工学的性質が類推しやすいため、分類名に俗称名を併記しておくことが肝要である。
- (3) 現場で土質の判定が決め難い場合は、一応判断された土質名を付け、別の分類名も付記し、その後、不明確な点を確認するなり、分類試験結果によって訂正する。
以上は素材としての土の判別分類を建前としたが、地盤土を対象とする場合は次章を参照されたい。

参 考 文 献

- 48) 大森昌衛 責任編集：地学野外調査の方法、築地書館、1971
- 49) American Society for Testing and Materials "Recommended Practice for Description of Soils (Visual-Manual Procedure)", ASTM Designation : D2488-69", 1970 Book of ASTM Standards, Part 11, pp. 783~791, 1970
- 50) 米国内務省開拓局編・京都大学土木会誌：「土質便覧・土質調査・試験規格編」, pp. 56~75, 1963
- 51) 土質工学会編：土質工学ハンドブック, pp. 37~74, 1966
- 52) 関東ローマ研究委員会：「関東ローマ（火山灰質粘性土）に関するシンポジウム」土質工学会, 昭和45年2月
- 53) 大平至徳：泥炭・基本的性質と調査・設計、施工技術, 6月号 pp. 148~164, 1971
- 54) 小野・星埜・加藤・三木共訳：テルツァーギ・ペック土質力学基礎編, pp. 1~34, 丸善, 昭和30年7月

(原稿受理 1973.1.22)

*

*

*