

大林組技術研究所 正員 齊藤 二郎

同上 同 木村 薫

同上 同 〇平間 邦興

1 まえがき

九州熊本県一帯には阿蘇火山噴火によつて形成された灰土（通称）が厚く分布している。この灰土は同じく火山灰質粘性土である関東ロームに比べて自然含水比は低いにもかかわらず、練返しによる強度の低下がきわめて著しく、12~30の鋭敏比を示して施工には、おおくの困難を伴つた。

そこで事前調査、施工管理試験を含めて数多くの調査、試験を行つたが、そのうち本文では、まず灰土の分布状況および物理的特性を紹介し、つぎに、この軟弱化の原因が土粒子の骨格構造の変化によるものと想定して練返しによるせん断特性の変化を圧密非排水三軸試験結果から検討する。

2 灰土層の概要と物理的特性

指数的特性の深さ方向分布を知るため、現地でのテスト・ピットによる土質試験結果を一括表示したのが図-1である。

この灰土は第三回噴火阿蘇火山砕層につづく第4回噴火によつて形成されたもので、カルデラ生成以前、今から約3万3千年前に非溶結の状態では堆積したと推定される。厚いところでは約20mの層厚をもつて分布し、その主要鉱物組成がハロイサイトであることから、かなり風化がすすんでいると考えられ、アロフェンを主要鉱物とする関東ロームとは性質を異にする。灰土層の下には溶結凝灰岩層があり、上には現在の表層土部分を形成する沖積世、カルデラ生成後の火山灰土、すなわち、赤ボク、黒ボクが堆積する。

灰土を三角座標によつて表示したのが図-2である。比較のため関東ローム（立川ローム）についても併記するが、おおむね粘土および粘土質ロームの領域に分布している。ところで土質工学会（土の判別分類法委員会）では、日本統一土質分類（試案）を発表しており、火山灰質粘性土は図-3に示す塑性図で(VI)に分類されるとしている⁽¹⁾。図からも明らかなように関東ロームは、ほぼ(VI)を中心に分布しているが、灰土は非常に大きな逸脱を見せていることがわかる。

3 試料調整および試験条件

本実験に用いた灰土の物理的性質は表-1の通りである。ただし、自然含水比については採取時期

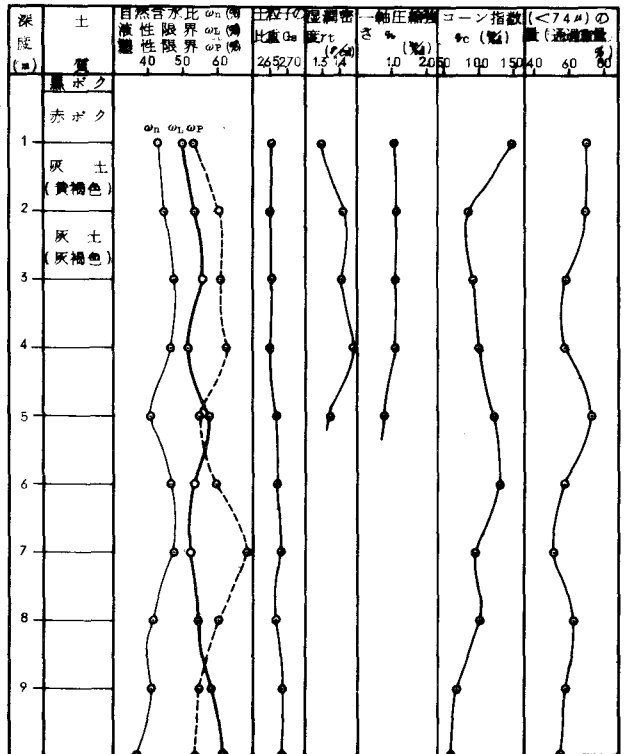


図-1 指数的特性の深さ方向分布

および条件により大幅な変動を見せたが表-1に示す初期含水比で実験を行う。試料調整にあたっては練返し状態によって三種類の供試体を作成した。また、各試料の練返し条件を明確化するためG.L. - 2.00mから採取した乱さない試料に、^(注)CBRモールドおよび重量2.5Kg、落下高さ30cmのランマーで3層

液性限界	43.8%
塑性限界	28.4%
塑性指数	15.4%
土粒子の比重	2.64
試験時含水比	70~80%
最適含水比	35%

表-1 物理的性質

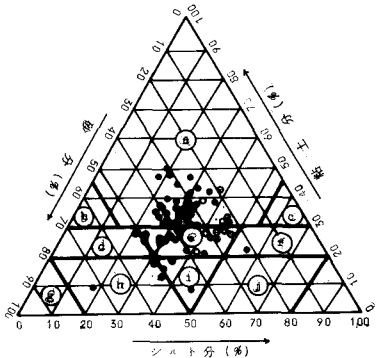


図-2 三角座標による分類

25回、3層50回の突固めを行った。したがって、供試体は次の3種類となる。

- Sample No. 1 乱さない試料
- Sample No. 2 落下回数、3層25回
- Sample No. 3 落下回数、3層50回

ただし突固めのさい、試料の含水比が大きく、液性指数が1を越えているため締固め効果は認められず、調整済み試料の圧密試験結果からも先行圧密応力はSample No.1で0.5~0.6%

Sample No.2,3では間隙比-圧密応力曲線に屈曲点は現われなかった。また飽和度はSample No.1で96%以上、Sample No.2,3では完全飽和を示した。図-4は試料調整法による粒度組成の変化を調べたものである。火山灰質粘性土は単粒と団粒との区別しにくい構成物を多く含み、また粒子の破壊と分散を区別するのに困難はあるが試験条件によって、かなりの相違が認められる。

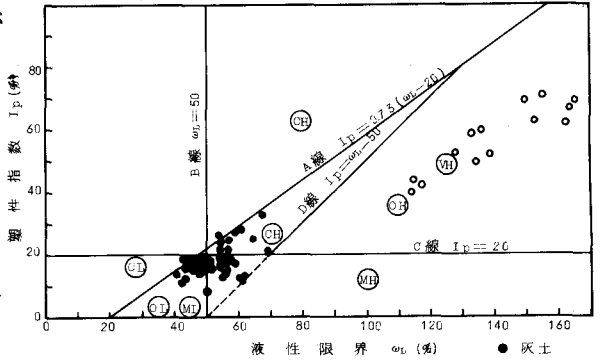


図-3 日本統一土質分類の塑性図(案)

圧密およびセン断時の周圧は0.62, 1.42, 2.92, 6.62%の4段階であり、したがって正規圧密状態と考えられる。供試体寸法は直径35mm、高さ87.5mm、使用したセン断速度は0.1%/minである。

4 実験結果とその検討

$$4.1, \omega - \log \bar{P}, \omega - \log (q_1' - q_2') f$$

圧密終了時含水比(ω)と圧密圧(\bar{P})を片対数紙上にプロットしたのが図-5である。明らかに直線性は認められるが練返し回数の違いによって同じ圧密圧の下で異った含水量を示し、その差は最大30%にもおよび。これに対しLamb⁽²⁾は土中水の存在形態の変化、すなわち練返しによる粘土粒子の構造の変化により、結合粒子間

(注)ただし、速地輸送の影響が考えられる。

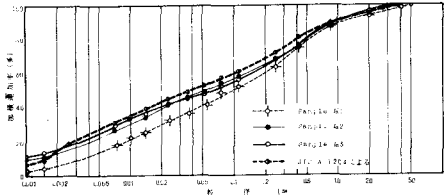


図-4 試料調整法による粒度分布の違い

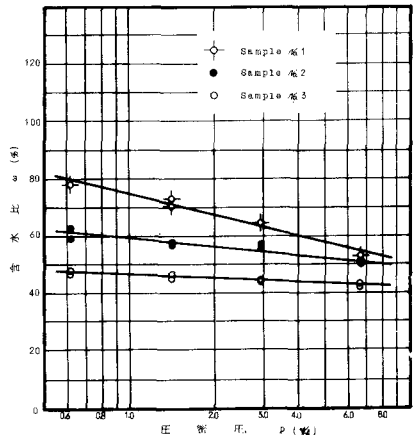


図-5 $\omega \sim \log \bar{P}$

の大きな間隙中に捕促されていた水が自由化するためと
考え、その機構を図式的に指摘しているが本実験結果に
ついては電子顕微鏡観察結果⁽³⁾から、これを推定するこ
とができる。

図-6は、これに関連して破壊時含水比(w)とセン
断強さ($\sigma'_1 - \sigma'_3$) f との関係をプロットしたものである。
各試料ごとには明確な直線関係を示しているが、正規圧
密状態にあるにもかかわらず、練返し回数の違いによっ
て同一含水比の下で異なったセン断強さを示している。
これは間隙水中に含まれる溶解塩類の沈着やシキントロ
ピー現象による粘着力に、練返しによって差が生じたためと考えることができよう。

ここで保水性の一つの傾向を示す指数として、同一試料に
ついての P_F 水分特性を表-2に示す。これは P_F 4.1に相
当する遠心力(約1.25g)を土に与えて分離してくる水分
量を示すもので、比較のため関東ロームの結果を併記するが
灰土についての分離水量の多いことが理解できる。

4.2 応力-ヒズミの関係

本実験で得られた軸差応力-ヒズミ、間隙圧-ヒズミの関係を
図-7に示す。練返しの多い試料ほど軸差応力は急激に増加しており
その最大値も大きい。これは4.1の検討からも予想され得ること
である。最大点に達するヒズミ量には、明確な傾向は見られなかつた。
間隙圧の変化についても立ち上がり部分で、軸差応力と同じ傾向が
認められる。

4.3 強度常数

三種の試料について圧密非排水試験より求めた有効応力に関する
強度常数 c', ϕ' を図-8に示す。正規圧密粘土では練返した試料の
方が乱さない試料に比べて強度常数の大きくなることは、古くから
知られているところであるが、一方、土の練返し
による影響が最も小さいのが有効応力に関する土
の強度常数 c', ϕ' であるともいわれている⁽⁶⁾。しか
し本実験では、練返しによって ϕ' に非常に大きな
増加を生じ、最大19°30'の変化を示した。この
大幅な差が灰土特有のものか、または他の原因に
よるのかは、さだかではなく、より一層の解明を、
今後の研究課題としたい。

4.4 セン断時の応力変化

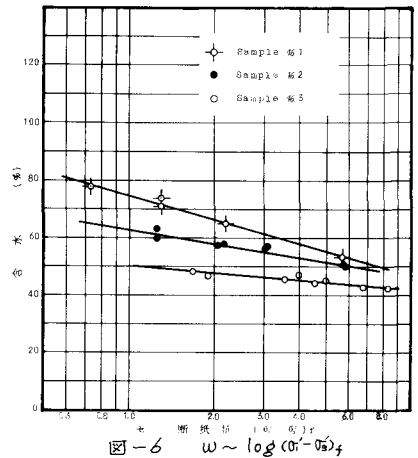


図-6 $w \sim \log(\sigma'_1 - \sigma'_3) f$

試料名	試験時 含水比	P_F 4.1における		
		非分離水	分離水	P_F 特性値
灰土	55%	31%	24%	44%
灰土	57%	29%	28%	49%
関東ローム	131%	89%	42%	32%

表-2 P_F 水分特性値

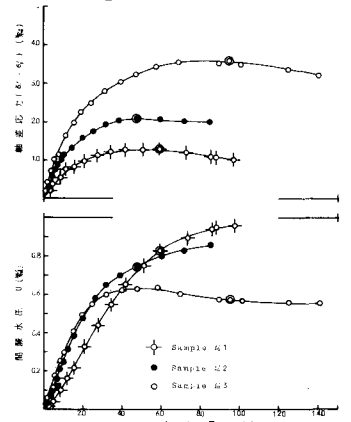


図-7 $(\sigma'_1 - \sigma'_3) - \epsilon, U - \epsilon$

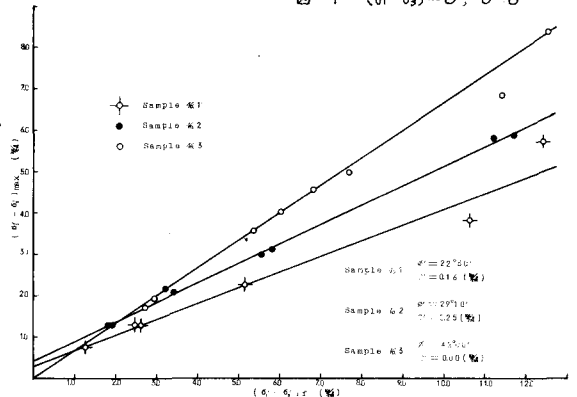


図-8 強度常数

セン断時の有効応力経路をレンドリックの応力平面で表わしたのが図-9である。各応力経路に注目すると、練返しによって、その軌跡に非常に大きな相違が見られる。Sample 1では急激な立ち上がりを示した後、間隙圧のおおきな増加にともなう縦軸方向へ、なだらかなコウ配に変曲し、破壊へと至る。これに対して練返した試料では、有効主応力は破壊へ至るまで増大しつづけている。以上、灰土一種の試験結果から一般的な結論を出すことは妥当でないとしても、練返しによって応力経路に大きな変化が生じるといえるようである。

4.5 A_f 値について

破壊時間隙水圧係数 A_f の値は、圧密圧 (\bar{p}) によって変わることが報告されている⁽⁷⁾。図-10からも明らかのように本実験でも A_f 値は変動しており圧密圧 (\bar{p}) の値が大きくなるにしたがって、その値も大きくなるようである。ただし、練返しの影響による明確な傾向は認められなかった。

5 まとめ

本実験の結果、練返しによって圧密特性、セン断特性に大きな変化の生ずることがわかった。この現象が灰土特有のものなのか、また、その原因が何であるのかを明確化することはできなかったが、土粒子の骨格構造に関係する土中水の存在形態の変化、間隙水の性質、シキントロピー効果および組成鉱物の問題などが複雑に影響を、およぼしているものと考えられる。この性状解明を今後の研究課題としたい。

また、練返された粘性土が再圧密されると強度常数が増加することは、今後、強度減少を考慮に入れる設計、施工上に、一つの指針を与える。

謝辞

本研究を行うにあたって、日本道路公団福岡支社熊本工務所長、下荒磯滋氏および当社縦貫道熊本工務所長、宮本正道氏から御便宜を賜った。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- (1) 土の判別分類法委員会：土と基礎，Vol 17，161，(1969)
- (2) Lambe, T.W & Whitman, R.V.：John Wiley & Sons, Inc. (1969)
- (3) 喜田大三ほか：大林組技術研究所報告，161200 (1968)
- (4) 喜田大三ほか：第4回土質工学研究発表会講演集，(1969)
- (5) たとえば石井靖丸ほか：土木学会論文集，第30号，(1955)
- (6) Bishop, A.W. & Henkel, D.J.：Edward Arnold, (1957)
- (7) 北郷繁ほか：第23回年次学術講演会概要集，(1968)。

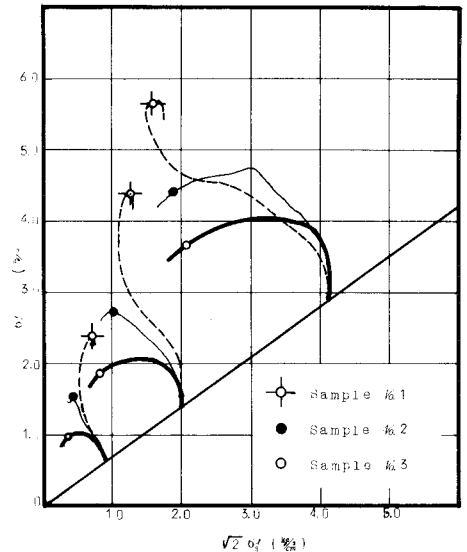


図9 レンドリックの応力経路

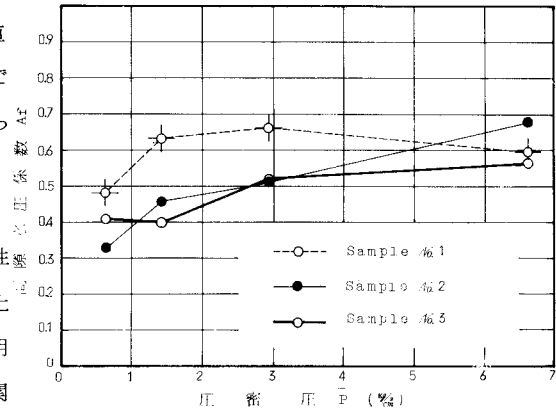


図10 A_f の変化