

原位置火山灰土のせん断特性に及ぼす粒子破碎・構造異方性・固結の影響

(株)地崎工業 土木部技術課 正会員 ○八木 一善
 北海道大学大学院 工学研究科 フェロー 三浦 清一
 北海道大学大学院 工学研究科 学生員 市川 和宏

1. はじめに

破碎性火山灰土では、圧密・せん断時の粒子破碎に伴う圧縮変形の増大により、粒度分布の変化や粒子の再配列が卓越するようである¹⁾。そこで本論では、北海道に広く分布する降下軽石と火砕流堆積物の乱さない試料について、せん断特性における粒子破碎、構造異方性と固結の影響を調べた。

2. 試料および試験方法

対象とした火山灰土は、7地点で採取した駒ヶ岳や支笏カルデラを起源とする降下軽石(Ko-dとSpfa-1)と支笏の軽石流堆積物(Spfl)である。原位置で凍結された不攪乱試料は、冷凍庫内で三軸供試体寸法($\phi=70\text{mm}$, $H=170\text{mm}$)に整形した。供試体を三軸セル内に設置後、有効拘束圧 $\sigma'_c=19.6\text{kPa}$ のもとで融解させた。なお、再構成供試体はMSP法²⁾によって作製した。

不攪乱供試体では、飽和しづらいものがあるために①二重負圧法の適用、②脱気水の通水、③196kPaのバックプレッシャー供給の手順で飽和を行った。再構成供試体では、①の代わりに二酸化炭素法を採用した。なお、全ての供試体の間隙水圧係数 B は0.96以上の値を得た。引続き、所定の有効拘束圧($\sigma'_c=49\sim392\text{kPa}$)にて等方圧密(24hr以内)した後に、排水・非排水条件のもとで側圧一定・ひずみ制御のせん断を行った。

3. 試験結果と考察

図-1に、排水(CD)および非排水(CU)三軸圧縮試験によって調べた細粒分含有率の増加 ΔF_c と有効平均主応力 p' との関係を示す。 ΔF_c は試験前後のふるい分析によって求められ、圧密・せん断過程で生じる粒子破碎量を表す指標^{1), 2)}である。

図に示されるように、Ko-d(採取地：森H)の ΔF_c は1%以下の値であって、ほとんど破碎していないことがわかる。一方、Spfa-1(採取地：苫小牧K、門別T)では p' の増加に伴って粒子破碎が著しく増加し、 $\Delta F_c-p'$ 関係は一義的となる。

降下軽石の異方的な力学特性を調べるため、ブロックサンプリングで得た試料から、供試体の軸方向がそれぞれ原位置の鉛直方向と水平方向に一致するUVとUH供試体²⁾を切り出した。図-2は、森H(CU試験)と苫小牧K(CD試験)に関し、UV・UH供試体の主応力差—主ひずみ関係を比較してい

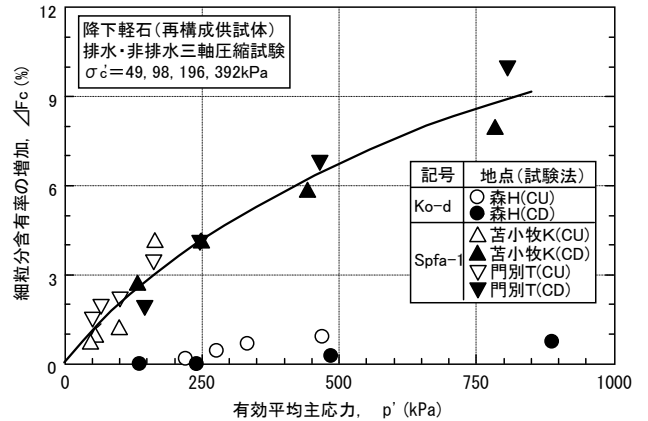


図-1 Ko-d と Spfa-1 の粒子破碎性

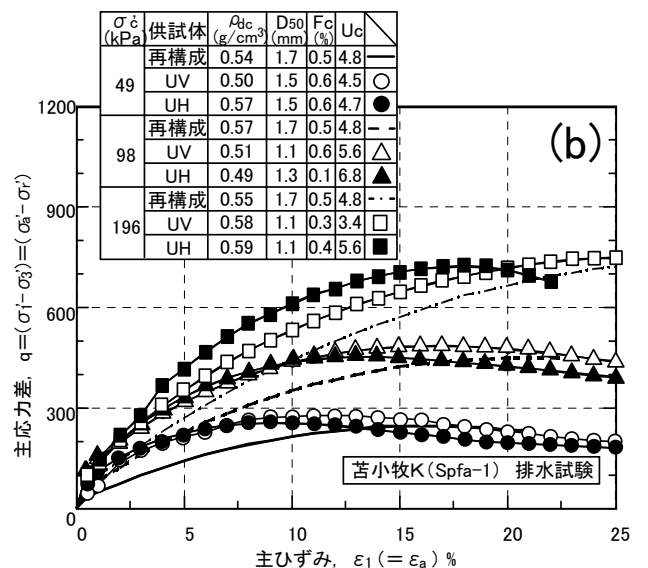
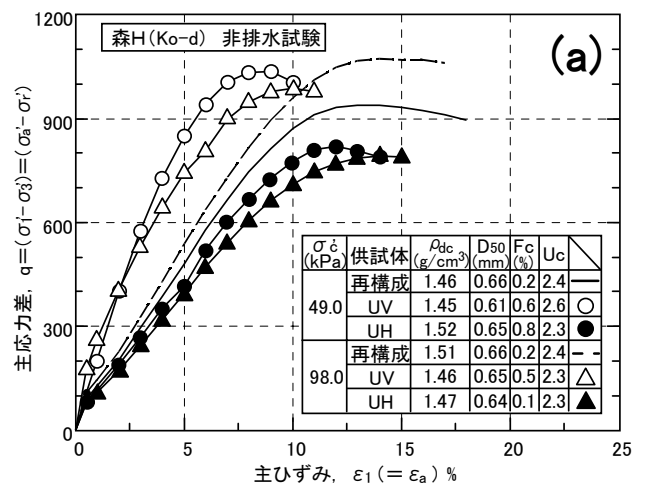


図-2 主応力差—主ひずみ関係：(a) Ko-d, (b) Spfa-1

キーワード： 火山灰土、せん断特性、粒子破碎、構造異方性、固結

連絡先： 〒064-8588 札幌市中央区南4条西7丁目6番地 (株)地崎工業 土木部技術課 TEL 011-511-8114

る。また図には、再構成供試体に関する試験結果も示した。

図に示されるように、森HのUV供試体はUH供試体に比べて変形しづらく、かつ高い主応力差となる。このことは、森Hの原位置地盤が等方的な応力状態ではなく、鉛直方向よりも水平方向に変形しやすいという異方的な堆積構造状態にあることを表している。また、苫小牧Kには森Hよりも強い有効拘束圧依存性が存在し、軸ひずみや拘束圧が変化してもUVとUH供試体との応力-ひずみ関係に大差はない。これは、排水せん断で生じる粒子破碎と圧縮変形の増大によって粒子の再配列が顕著となり、原位置火山灰土が保有する構造異方性が失われるためと推測される。

また、再構成供試体の構造は不攪乱と異なるために、その軸ひずみの発達はUV供試体よりも著しい。しかし、拘束圧の大きさを問わず、苫小牧Kにおける両供試体の主応力差の最大値 q_{max} が同程度となることは興味深い結果である。

次に、乱さない降下軽石と軽石流堆積物のせん断特性に及ぼす固結の影響を調べるために、不攪乱と再構成供試体($\sigma'_c = 49 \sim 392 \text{ kPa}$)について、軸ひずみ15%以下における q_{max} 時の主応力比 σ'_1/σ'_3 と有効平均主応力 p' との関係を比較した。

構成粒子の破碎性に関係なく、いずれの降下軽石においても、不攪乱と再構成供試体の $\sigma'_1/\sigma'_3 - p'$ 関係に大差はないという結果が得られた(図-3(a), (b))。図-2で示したように、せん断が進行しても森Hの構造異方性は保持されるため、これらの結果はせん断の進行に伴う供試体構造の変化の影響だけではなく、降下軽石ではせん断特性に及ぼす固結の貢献が小さいためと考えた方がよさそうである。

また、破碎性火山灰土(Spfa-1)では p' の増加に伴って主応力比が著しく低下するため、対象となる応力範囲でせん断強度を評価することが重要となる。

図-3(c)のSpflでは、不攪乱と再構成供試体に大きな強度差があつて、高熱状態で流下堆積した際の溶結作用による固結の影響が顕著に現れている。また、不攪乱供試体の p' の増加に伴う σ'_1/σ'_3 の低下はSpfa-1の傾向に類似するが、再構成供試体の主応力比の低下幅はむしろKo-dに近いという結果になった。細粒分が増加すると火山灰土の粒子破碎は減少することから¹⁾、このような応力増加に伴う固結の影響の低減は、せん断の進行に伴う供試体の構造的変化がSpflでは著しいためと推察される。

ま と め

- 1) 非破碎性火山灰土では強い強度異方性が認められるが、破碎性火山灰土のせん断特性に及ぼす影響は小さい。これは破碎に伴う圧縮変形の増大で粒子の再配列が顕著となり、供試体の構造が変化するためと考えられる。
- 2) 火山灰土のせん断強度に及ぼす固結の影響は、軽石流堆積物で大きく、降下軽石では無視できる程度である。
- 3) 原位置火山灰土の強度は応力増加に伴って低下するが、それは破碎性火山灰土や固結した火山灰土で著しい。

参考文献：1) 八木一善・三浦清一：土木学会論文集，No. 694/Ⅲ-57，pp. 305-317，2001。

2) 三浦清一・八木一善・川村志麻：土木学会論文集，No. 547/Ⅲ-36，pp. 159-170，1996。

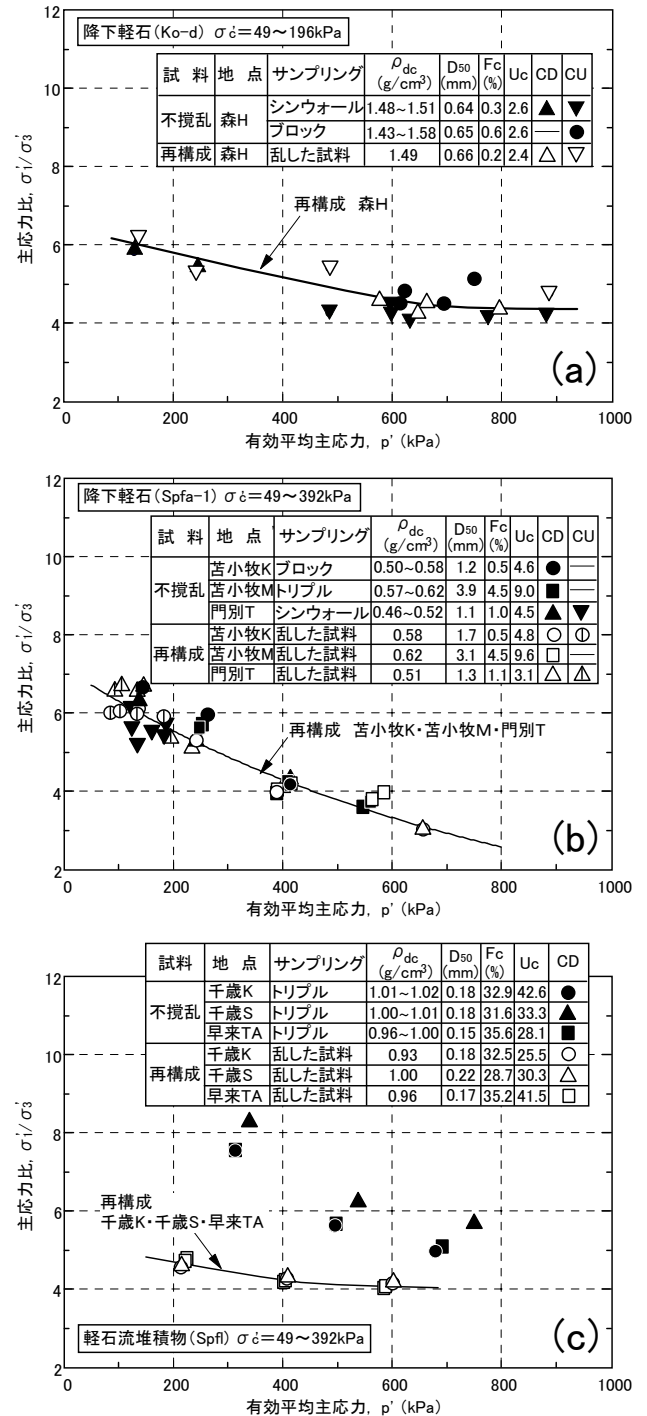


図-3 $\sigma'_1/\sigma'_3 - p'$ 関係：(a) Ko-d, (b) Spfa-1, (c) Spfl