

III-A 29

火山性粗粒土の粒子破碎特性に及ぼす応力経路の影響

地崎工業 技術開発部 正会員 八木 一善  
 室蘭工業大学 工学部 正会員 三浦 清一  
 室蘭工業大学 大学院 学生会員 中田 隆文  
 基礎地盤コンサルタンツ 正会員 フェイソ・マレット

1. はじめに

本研究では、北海道各地で採取した火山性粗粒土に対して一連の圧密、せん断試験を実施し、応力経路や圧密時間の相違による粒子破碎特性の変化について調べた。

2. 試料と試験方法

(1) 試料

試験に用いた試料は、4種類の降下性粗粒火山灰土である。各火山灰土の採取地点は、①門別町富川（富川火山灰土）、②苫小牧市柏原（柏原火山灰土）、③千歳市美々（美々火山灰土）、④中標津町武佐（中標津火山灰土）である。

それぞれの物理特性を表-1に示す。なお、各火山灰土の噴出起源等については別報<sup>1)</sup>で述べている。

表-1

SAMPLE NAME	$\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	$\rho_d$ In-situ g/cm <sup>3</sup>	$D_{50}$ mm	$U_c$	$F_c$ %
① TOMIKAWA	2.22	0.49	1.25	3.05	1.07
② KASHIWABARA	2.38	0.53	1.08	2.79	1.03
③ BIBI	2.29	0.65	1.38	3.75	1.83
④ NAKASHIBETSU	2.46	0.41	4.60	5.11	1.83

(2) 試験方法

①一次元圧密試験

供試体は表-1の原位置地盤の密度  $\rho_{d \text{ in-situ}}$  を目標値として、30cmの高さに設置した漏斗から乾燥試料を空中落下させることにより再構成した。供試体密度は  $\rho_{d \text{ in-situ}}$  に対して±5%の範囲内にある。供試体寸法は直径6cm、高さ2cmである。標準圧密試験(STANDARD CONSOLIDATION TEST(JS Testと略))では、24時間浸水飽和させた供試体に対して地盤工学会基準に従い所定の圧密圧力  $\sigma_v (=156.8 \sim 1254.4 \text{ kPa})$  を段階的に载荷した。また、圧密時間を2、10、24、336hrと変化させた一次元圧密試験(ONE DIMENSIONAL CONSOLIDATION TEST(1-D Testと略))では、圧密圧力  $\sigma_v (=156.8 \sim 2450 \text{ kPa})$  のもとで行った。

②等方圧密試験とせん断試験

全ての供試体は、圧密後の密度  $\rho_{d,c}$  が原位置密度  $\rho_{d \text{ in-situ}}$  となるようにMSP法で再構成した。これらの  $\rho_{d,c}$  の範囲は  $\rho_{d \text{ in-situ}} \pm 5\%$  である。供試体を三軸セル内に設置後、二酸化炭素、脱気水を通し、引続き196kPaのバックプレッシャーを供給することにより飽和させた ( $B_v \geq 0.96$ )。引続き、所定の有効拘束圧  $\sigma'_c (=49 \sim 392 \text{ kPa})$  のもとで等方圧密試験(ISOTROPIC CONSOLIDATION TEST(ISO Testと略)、圧密時間2, 24, 336hr)を行った。なお、三軸圧縮および平面ひずみ試験法と結果については既報<sup>2)</sup>で詳しく述べている。

3. 試験結果と考察

(1) 圧密過程でもたらされる粒子破碎の特性

図-1は、圧密時間2~24hrの一次元圧密および標準圧密試験による細粒分含有率(75  $\mu\text{m}$ 以下)の増加量  $\Delta F_c$  と有効平均主応力  $p'_c$  の関係を示している。なお、ここでは  $p'_c$  は静止土圧係数  $K_0 = 0.5$  として  $p'_c = 2/3 \sigma_v$  で定義している。この図より、圧密時間24hr以内では試験方法や圧密時間の違いに関わらず、 $\Delta F_c - p'_c$  関係はそれぞれ一義的關係で整理できるようである。このことは、等方圧密試験結果においても同様に認められている<sup>2)</sup>。また、有効平均主応力の増加に伴う粒子破碎の増加は中標津火山灰土において最も著しい。さらに、中標津火山灰土では  $p'_c = 900 \text{ kPa}$  付近にて粒子破碎が飛躍的に増加し、その後ほぼ一定

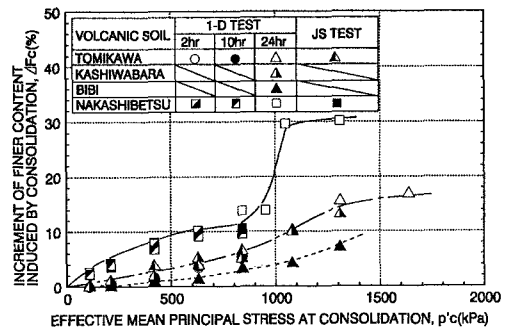


図-1

値に収束する傾向がある。この傾向は富川、柏原火山灰土でも認められるが、美々火山灰土では $p'_c$ が1000kPaを越えても粒子破砕量が増加するようである。

長期の圧密時間による粒子破砕量の変化を調べるため、各圧密試験で求められた $\Delta F_c$ と圧密時間( $t=2\sim 336$ hr)の関係を図-2に示した。図より、中標津火山灰土の一次元圧密過程において粒子破砕の顕著な時間依存性が認められる。これは中標津火山灰土の構成粒子が最も脆弱であることに起因しているが、比較的粒子が脆弱な富川火山灰土においても類似した傾向にあることは注目すべきである。また、圧密時間の増加に伴う粒子破砕量の増加は、有効平均主応力が高くなるほど顕著となるようであるが、圧密時間24hr以内における各火山灰土の粒子破砕量はいずれの応力レベルでもほとんど変化していないといえる。なお、柏原、美々火山灰土の一次元圧密過程では、圧密時間の増加に伴う粒子破砕量の増加は認められない。一方、等方圧密試験結果では中標津火山灰土試料においてのみ $\Delta F_c$ が増加しているが、その圧力レベルが低いために粒子破砕の増加はかなり小さなものとなっている。

(2) 応力経路の違いによる粒子破砕の変化

図-3は、中標津火山灰土の標準圧密、一次元圧密(1-D)、等方圧密(ISO)と排水・非排水三軸圧縮試験(D.A.S, U.A.S)及び排水・非排水平面ひずみ試験(D.P.S, U.P.S)から得られた $\Delta F_c-p'$ 関係を示している。なお、各せん断試験では破壊時の有効平均主応力で結果を整理している。図から、 $\Delta F_c$ は等方圧密、一次元圧密、せん断過程の順に大きくなっている。この傾向は他の火山灰土でも同様である<sup>2)</sup>。

以上のことは、粒子破砕が有効応力経路に強く依存することを明瞭に示している。

図-4は、中標津火山灰土に対する各試験時の応力経路から求めた有効応力比 $\eta (=q/p')$ と $\Delta F_c$ の関係を示している。図から、 $\eta$ および $p'$ の両者の増加に伴い $\Delta F_c$ が増加していることがわかる。また、各火山灰土の粒子破砕量は両者の関係から $\Delta F_c=a \cdot (p'/p'_0)^b \cdot e^{c\eta}$ で定量的に表現することができる。ここで、 $a, b, c$ は定数、 $p'_0=1$ kPaである。なお図示は省略したが、他の火山灰土についても表-2に示すパラメータで同様に表現できる。

4. まとめ

- (1) 破砕性火山灰土の圧密・せん断による $\Delta F_c-p$ 関係はそれぞれ一義的關係にある。また、特に脆弱な火山灰土ではある圧密圧力で粒子破砕が急増し、その後一定値に収束する傾向が認められる。
- (2) いずれの火山灰土においても、24時間以内では圧密時間の違いによる $\Delta F_c$ の変化は認められない。しかし、脆弱な火山灰土では圧密時間の経過に伴って粒子破砕が増加する傾向にある。
- (3) 応力経路に強く依存する粒子破砕特性は、 $\Delta F_c=a \cdot (p'/p'_0)^b \cdot e^{c\eta}$ なる関係で表現できる。

参考文献: 1) 三浦 清一ら: 第51回土木学会年次学術講演会講演集(投稿中), 1996 2) H・マレットら: 地盤工学会北海道支部技術報告集36号, pp. 103-112, 1996

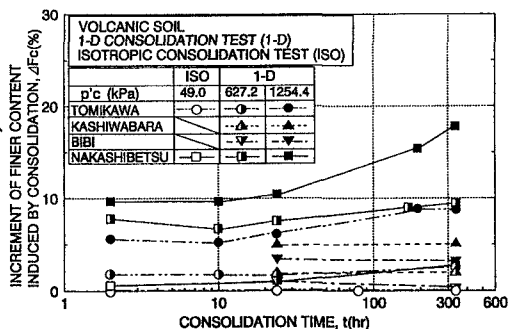


図-2

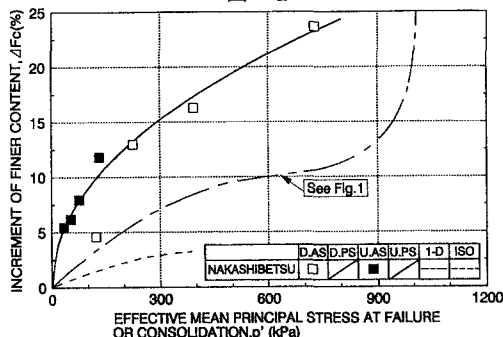


図-3

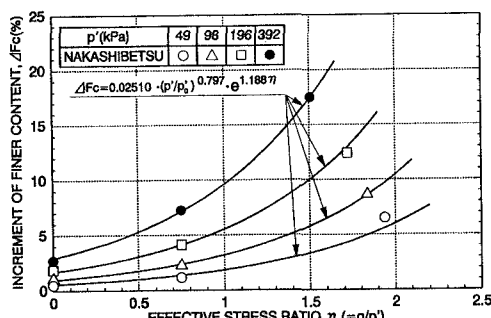


図-4

表-2

	a	b	c
TOMIKAWA	0.00112	1.000	1.541
KASHIWABARA	0.00112	1.000	1.541
BIBI	0.00069	1.000	1.298
NAKASHIBETSU	0.02510	0.797	1.188