

Ⅲ - A20

火山性粗粒土の粒子破碎の応力経路依存性

室蘭工業大学 工学部 正会員 中田 隆文
 室蘭工業大学 工学部 正会員 三浦 清一
 (株)地崎工業 技術開発部 正会員 八木 一善
 室蘭工業大学 大学院 学生員 笠井 隆治

1. はじめに

過去の研究では、火山性粗粒土の圧密・せん断過程で生ずる粒子破碎量は有効応力比と有効平均主応力により定量的に評価できることがわかっている¹⁾。本研究では、さらに超破碎性の火山性粗粒土について一連の圧密・せん断試験を行い、また異方圧密試験の結果を加えることでその定量化手法の妥当性を照査した。

2. 試験に用いた試料

対象とした火山性粗粒土は①門別町富川(富川火山灰土、TOMIKAWA)、②苫小牧市柏原(柏原火山灰土、KASHIWABARA)、③千歳市美々(美々火山灰土、BIBI)、④中標津町武佐(中標津(武佐)火山灰土、NAKASHIBETSU-M)と⑤中標津町当幌(中標津(当幌)火山灰土、NAKASHIBETSU-T)で採取された5種類である。それらの物理的性質を表-1に示す。中標津(武佐)火山灰土と新たに採取された中標津(当幌)火山灰土の噴出源、噴出年代は同一と考えられるが、中標津(当幌)火山灰土の方が遥かに著しい粒子破碎性を示す²⁾。

表-1 各火山灰土の物理的性質

SAMPLE NAME	ρ_s g/cm ³	ρ_d in-situ g/cm ³	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-M	2.46	0.41	4.60	5.11	1.83
⑤ NAKASHIBETSU-T	2.53	0.50	7.34	4.63	1.94

3. 試験方法

実施した試験は、等方圧密試験(ISO Test)、標準圧密試験(JS Test)、一次元圧密試験(HM Test)、排水・非排水三軸圧縮試験(D.A.S, U.A.S Test)である。これらの試験方法については既報¹⁾で述べている。また本研究ではさらに異方圧密試験(ANISO Test)を行った。供試体は圧密後の密度 ρ_{dc} が表-1の原位置密度 $\rho_{d \text{ in-situ}}$ となるようにMSP法で再構成した。これらの ρ_{dc} の範囲は $\rho_{d \text{ in-situ}} \pm 5\%$ である。供試体を三軸セル内にセットし、CO₂、脱気水を通した後に196kPaのバックプレッシャーを供給して飽和させた($B \geq 0.96$)。異方圧密は $K_0 = \sigma_r' / \sigma_a' = 0.5$ の条件下で軸差応力と有効拘束圧を与え、有効平均主応力 $p_c' (= 49 \sim 392 \text{ kPa})$ で24時間圧密している。

4. 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は等方圧密($t_c=2, 24\text{hr}$)および異方圧密($t_c=24\text{hr}$)過程で生ずる細粒分含有率増加量 ΔF_c と有効平均主応力 p_c' の関係を示している。既往の研究¹⁾で明らかにされているように、 ΔF_c と p_c' は一義的関係で整理できるようで、 p_c' の増加に伴って ΔF_c が増加することが分かる。その傾向は、特に中標津(当幌)火山灰土において著しい。また等方圧密と異方圧密による ΔF_c を比較すると、異方圧密による粒子破碎が明らかに卓越している。粒子の破碎特性は圧密時の応力経路に依存することを示している。

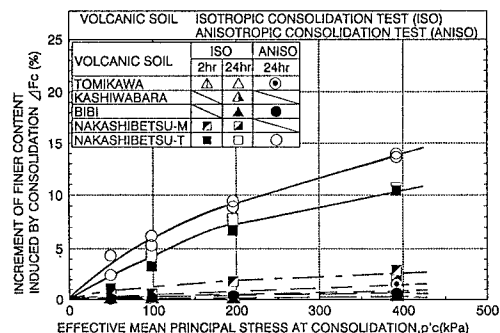


図-1 等方圧密と異方圧密による粒子破碎の特性

図-2は、一次元圧密試験および標準圧密試験(静止土圧係数 $K_0=0.5$ と仮定)による ΔF_c と p_c' の関係を示

キーワード：火山性粗粒土、粒子破碎、圧密、せん断、応力経路

している。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、 $\Delta F_c - p'_c$ 関係は各火山灰土ごとに一義的な関係にある。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く、中標津(武佐)火山灰土より中標津(当幌)火山灰土の方がより顕著な破碎性を示している。

(2) せん断試験による粒子破碎特性

図-3 は、排水、非排水三軸圧縮試験から得た ΔF_c と破壊時の有効平均主応力 p'_c との関係を示している。図から、排水条件の違いに関わらずせん断による $\Delta F_c - p'_c$ 関係も各火山灰ごとに一義的な関係で表される。また、各火山灰土のせん断による粒子破碎量の大小を比較すると、等方、異方および一次元圧密結果と同様な大小関係になっている。なお、せん断過程でもたらされた粒子破碎は圧密試験より遙かに大きく、等方圧密、異方圧密（あるいは一次元圧密）、せん断過程の順に大きくなっている。以上のことは、粒子破碎が有効応力経路に強く依存することを示すものである。

(3) 応力経路の違いによる粒子破碎の変化

過去の研究¹⁾から、火山性粗粒土の圧密・せん断による粒子破碎量 ΔF_c は有効応力比 $\eta (=q/p')$ と有効平均主応力 p' によって定量的に評価できることが分かっている。本研究では、さらに異方圧密試験の結果を加えて粒子破碎の定量化法を照査した。

図-4 は、中標津(当幌)火山灰土における各試験時の応力経路から求めた ΔF_c と η との関係をそれぞれ $p'_c (=49, 98, 196, 392 \text{ kPa})$ について整理している。図より η と p'_c の増加に伴って ΔF_c が増加し、粒子破碎量は $\Delta F_c = a \cdot (p'/p'_0)^b \cdot e^{c\eta}$ で表現できることがわかる。

図-5 では、各火山灰土の $p'_c = 392 \text{ kPa}$ における $\Delta F_c - \eta$ 関係を比較した。図から、 η の増加に伴う ΔF_c の増加は中標津(当幌)火山灰土において最も卓越することが示されている。ここで、各火山灰土の a, b, c は図中に示す定数、 $p'_0 = 1 \text{ kPa}$ である。

まとめ

火山性粗粒土の粒子破碎は、各試験の応力経路を考慮することにより、その試験の方法に関係なく定量的に表現できることが明らかとなった。また p' と η の増加に伴う粒子破碎量の増加は、中標津(当幌)火山灰土において最も著しいことも示された。

参考文献 1)三浦ら:火山灰質粒状体の圧密・せん断による粒子破碎とその評価,土木学会論文集, No.561 III-38, pp.257-269, 1997, 2)中田ら:火山性粗粒土の粒子硬度とその試験法,第 32 回地盤工学研究発表会 (投稿中)

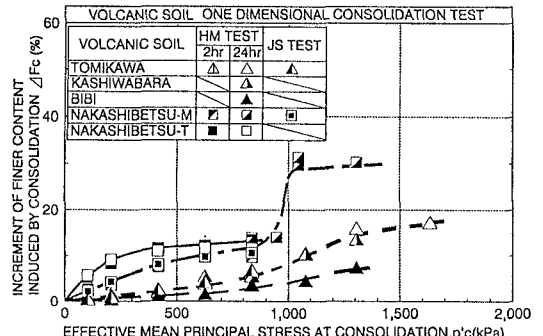


図-2 一次元圧密、標準圧密による粒子破碎特性

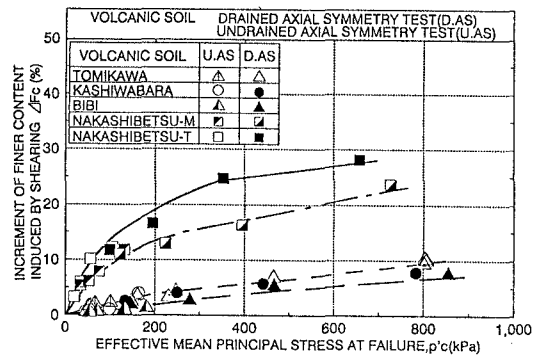


図-3 三軸圧縮試験による粒子破碎特性

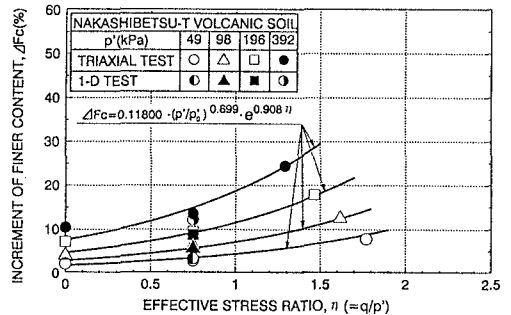


図-4 ΔF_c と有効応力比 $\eta (=q/p')$ の関係

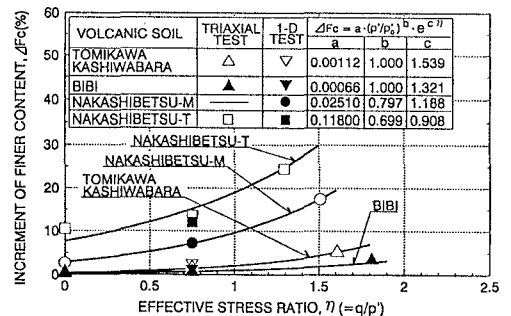


図-5 各火山灰土の $\Delta F_c - \eta$ の関係 ($p'_c = 392 \text{ kPa}$)