

破碎細粒分を有する過圧密火山灰土の液状化強度と一次元圧縮特性

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

1. はじめに

破碎性火山灰土では粒子破碎によって細粒分が増加するため、過圧密履歴を与えると OCR や破碎細粒分の含有率 F_c が高くなるほど液状化強度は増加傾向を示すことが判っている^{1), 2)}。そこで本研究では、破碎性の異なる2種の火山灰土について、破碎細粒分の含有率と OCR を変化させた供試体の液状化強度と一次元圧縮特性を検討した。

2. 試験試料と試験方法

試料は、北海道門別町富川(富川火山灰土)と中標津町当幌(当幌火山灰土)で採取した。表-1に、原位置供試体(In-situ F_c)と破碎細粒分の含有率 F_c を変化させた供試体の物理的性質を示す。混合した破碎細粒分(F_c -crushed)は粗粒子を粉碎して作成した。表中の F_c と F_c' は先行する等方圧密前後の細粒分含有率であり、 $F_c (= F_c' - F_c)$ は等方圧密過程で生じた粒子破碎量である。表の F_c 値から、当幌火山灰土は破碎しやすく、富川火山灰土はそれよりも破碎性が低いことがわかる。なお、破碎細粒分は原位置試料に含まれる細粒分や圧密過程の粒子破碎によって生じるものとほぼ同じ性質を有し、共に非塑性と判定される²⁾。

三軸供試体($\phi=7\text{cm}$, $H=17\text{cm}$)は AP 法で再構成され、二重負圧法の適用、脱気水の通水、196kPa のバックプレッシャーの供給により飽和させた。全供試体の間隙水圧係数 B 値は 0.96 以上を得た。所定の OCR に対応する先行圧密圧力と圧密時間 t_c で等方圧密した後に、有効拘束圧 $\sigma'_v = 49\text{kPa}$ のもとで等方的に膨張させた。圧密完了後は、軸差応力振幅一定、載荷周波数 0.1Hz にて繰返し非排水せん断を行った。一次元圧密試験の方法は JIS A 1217 に準じ、三軸による先行圧密後は供試体にモールドを被せて排水させ、凍結後に($\phi=6\text{cm}$, $H=2\text{cm}$)に整形を行った。

3. 試験結果と考察

F_c 増加による液状化強度の変化を調べるため、富川($t_c = 2\text{hr}$)と当幌($t_c = 24\text{hr}$)について液状化強度の比 R_{FC} と F_c' の関係を調べたのが図-1である。 R_{FC} は図中の式で定義している。なお、富川の $t_c = 2\text{hr}$ と 24hr の液状化強度に変化はなく、当幌では $t_c = 24\text{hr}$ の液状化強度が 2hr よりも高いことが分かっている²⁾。

正規圧密した両火山灰土は F_c' の増加によって強度は低下し、 $F_c' = 60\%$ にて R_{FC} は最小値となる。富川では OCR が高くなってもその傾向は変わらず、OCR が高くなるほど R_{FC} の低下割合は顕著となる。一方、当幌の OCR = 2.0 では F_c' 増加による R_{FC} の低下は小さく、OCR = 3.5 では破碎細粒分の増加によって R_{FC} は高くなる傾向を示す。このように、過圧密された両火山灰土の F_c 増加による強度変化の傾向に明らかな違いが認められる。

図-2に、全ての OCR に関して F_c と F_c' 、そして m 値との関

表 - 1 試験試料の物理的特性

TOMIKAWA VOLCANIC SOIL		F_c (%)	s (g/cm^3)	d_c (g/cm^3)	D_{50} (mm)	U_c	F_c' (%)	e'	F_c (%)
In-Situ F_c		0.57	2.32	0.522	1.11	4.63	1.10	3.21	0.5
F _c crushed	20	2.34	0.594	1.10	—	—	30.6	2.81	0.6
	30	2.34	0.643	0.760	—	—	51.0	2.44	1.0
	50	2.36	0.721	0.075	—	—	—	—	—
	60	2.37	0.746	0.030	—	—	—	—	—
	100	2.41	0.830	—	—	—	—	—	—
TOUHORO VOLCANIC SOIL		F_c (%)	s (g/cm^3)	d_c (g/cm^3)	D_{50} (mm)	U_c	F_c' (%)	e'	F_c (%)
In-Situ F_c		1.9	2.53	0.510	7.3	4.63	7.4	4.92	5.5
F _c crushed	17	2.55	0.526	5.2	—	—	20.5	4.84	3.5
	30	2.58	0.567	4.2	—	—	32.6	4.45	2.6
	50	2.61	0.578	0.075	—	—	52.5	4.17	2.5
	60	2.63	0.590	0.060	—	—	—	—	—
	100	2.70	0.653	—	—	—	—	—	—

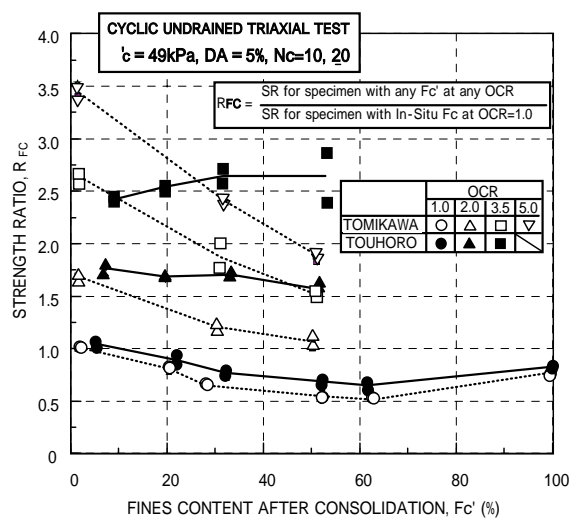


図 - 1 破碎細粒分の増加による液状化強度の変化

キーワード 火山性粗粒土 細粒分 液状化 粒子破碎 過圧密

連絡先 〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院 TEL : 011-706-6203

係を示した。富川・当幌の m 値と F_c は、それぞれ $t_c = 2, 24hr$ で整理した。 m 値は過圧密による液状化強度の増加の程度を表し、 R_s は、 $N_c = 10$ 回あるいは 20 回で $DA = 5\%$ となるときの“過圧密供試体の液状化強度/正規圧密供試体の液状化強度”である。なお、破碎細粒分を混合した火山灰土の R_s は、 $R_s = (OCR)^m$ で表せることが明らかにされている^{1), 2)}。

図より、当幌の粒子破碎は細粒分が少ないほど卓越し、 F_c が 30% を超えると F_c は 4% 以下の値となる。富川の F_c は、OCR や F_c が変化しても 2% 以下の値であって、破碎はあまり生じていない。一方、 m 値は F_c が約 30% を越えると両火山灰土ともにその増加割合は低下する。また各火山灰土の $F_c - m$ 関係は $F_c - F_c$ 関係と極めて類似した傾向を示す。

図-3 では、過圧密によって発生する塑性ひずみ a^p と R_s の関係を調べた。図に示されるように、いずれの試料においても R_s と a^p の関係に正の相関が認められ、富川火山灰土の $t_c = 2hr$ と $24hr$ の $a^p - R_s$ 関係は同一のラインとなる。一方、圧密時間の影響を受ける当幌火山灰土の $t_c = 2hr$ と $24hr$ における $a^p - R_s$ 関係は異なり、原位置試料では粒子破碎が卓越するために a^p は極めて大きい。これは、破碎が増加するほど、不可逆的な粒子配列構造の変化が生じるためである。

なお、細粒分の含有率が 30% になると、火山灰土の粒子破碎性に関係なく小さな塑性軸ひずみ量で R_s は高い値を示すようになり、富川・当幌の $a^p - R_s$ 関係に大差は認められなくなる。この塑性軸ひずみの低下は、破碎細粒分の増加に伴って液状化強度に及ぼす粒子破碎の影響が小さくなる一方で、破碎細粒分自体が R_s （過圧密効果）の増加に貢献するような働きをしていることを示唆している。

図-4 に、三軸試験装置で圧密履歴を受けた供試体の圧密降伏応力 p_c と F_c' との関係を示す。富川では F_c' の増加によって p_c は低下し、その $p_c - F_c'$ 関係は OCR の変化の影響を受けていないことがわかる。一方、当幌火山灰土では F_c' や OCR が増加するほど p_c は高くなる傾向が認められ、破碎細粒分の増加による p_c の増加幅はいずれの OCR においてもほぼ同等になるようである。

4. まとめ

- 1) 正規圧密火山灰土の液状化強度は、破碎細粒分の増加によって低下する。過圧密履歴を受けた当幌では、破碎細粒分が増加するほど過圧密による液状化強度の増加は大きく、富川では逆傾向が示される。
- 2) 当幌火山灰土の p_c は、 F_c や OCR が増加するほど高くなるが、富川では F_c が増加するほど p_c は低下する。
- 3) 液性塑性限界試験では非塑性とされる当幌火山灰土の破碎細粒分は、強度増加に貢献するような性質を有している。一方、富川火山灰土のそれは強度を低下させるような性質を有する。

参考文献：1) 八木一善，三浦清一：火山性粗粒土の繰返し非排水せん断特性に及ぼす破碎細粒分の影響，土木学会論文集，No.694/ -57，pp.305-317，2001 2) 市川和宏・三浦清一・八木一善：火山灰土の液状化強度に及ぼす圧密履歴と破碎細粒分の影響，第38回地盤工学研究会発表講演集，2003（投稿中）

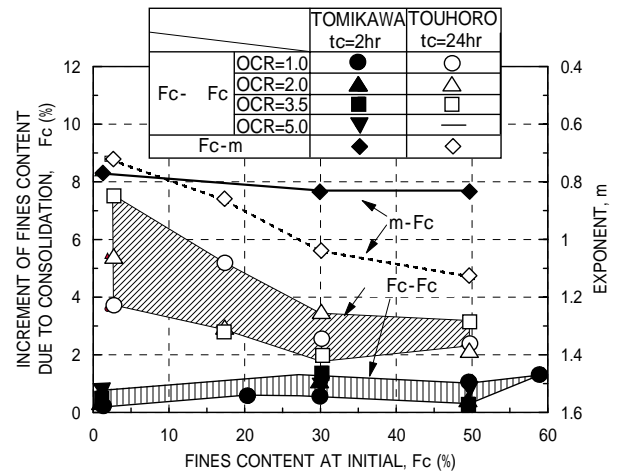


図-2 $F_c - m$ 関係及び $F_c - F_c$ 関係

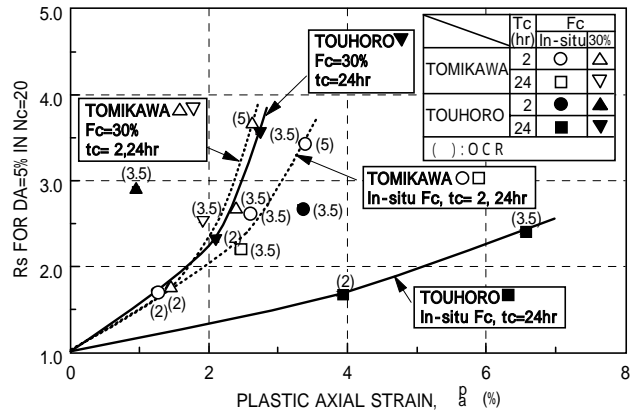


図-3 塑性軸ひずみ a^p R_s 関係

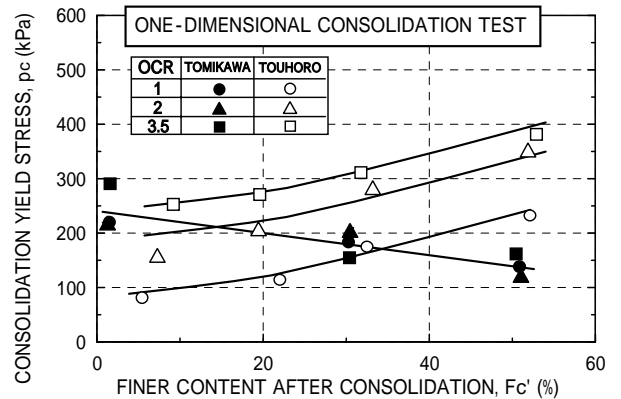


図-4 圧密降伏応力 p_c と細粒分含有率 F_c' との関係