

破碎性火山灰土の圧密降伏応力に及ぼす細粒分の影響

(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
室蘭工業大学 大学院 学生員 根本 信二

1. はじめに

既往の研究¹⁾では、破碎性粗粒火山灰土に粒子を粉砕して作成した細粒分を混合すると、過圧密比が高くなるほど細粒分の増加に伴って液状化強度は著しく高くなることが分かっている。本研究では、この火山灰土の破碎細粒分によるセメンテーション的な効果を明らかにするために、三軸試験装置で等方圧密履歴を与えた供試体について標準圧密試験を実施し、圧密降伏応力と繰返し非排水せん断強さとの関連を調べている。

2. 試験に用いた試料と試験方法

試料は中標津町当幌で採取された火山性粗粒土である。表-1 に、原位置試料(In-Situ Fc)と破碎細粒分を混合した試料(Fc crushed)の物理的性質を示す。表中の Fc は圧密前の細粒分含有率であるが、圧密過程の粒子破碎でも細粒分が生じるため、試験結果は等方圧密後の細粒分含有率 F'c にて整理している。

表-1 細粒分含有量を変化させた試料の物理的性質

SAMPLE NAME	Fc (%)	ρ_s (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)		ρ_{dc} (g/cm ³)	D ₅₀ (mm)	U _c
			max	min			
In-Situ Fc	1.9	2.53	0.520	0.470	0.514	7.34	4.63
Fc crushed	17	2.53	—	—	0.527	5.15	—
	30	2.53	—	—	0.564	4.23	—
	50	2.53	—	—	0.577	0.07	—
	60	2.53	—	—	0.591	0.07	—
	100	2.53	—	—	0.653	—	—

表-2 に、細粒分のみ粒度特性とコンシステンシー特性を示す。破碎細粒分は粘土分を 55%含有しているが、塑性限界は求まらずに N.P.となっている。

表-2 細粒分のみ物理的性質

SAMPLE NAME	WL (%)	Ip	Silt (%)	Clay (%)
Fc crushed (NAKASHIBETSU-T<75 μm)	77.3	—	45	55

三軸供試体は飽和した後に、①過圧密比(OCR=1.0, 2.0, 3.5)に対応する先行圧密圧力 σ'_{pc} で等方圧密、②有効拘束圧 $\sigma'_c=49\text{kPa}$ の基で等方的に膨張させた。これを標準圧密試験に用いる場合は、③モールドを被せ、排水後に供試体とモールド間の空隙を砂で充填、④凍結した後に $\phi 60\text{mm}$ 、高さ 20mm に成形した。なお、標準圧密試験と繰返し非排水三軸試験の方法は地盤工学会基準に準じている。

3. 試験結果と考察

図-1(a)、(b)に、破碎細粒分の含有率を変化させた供試体の $e-\log P'$ 関係を示す。図から、一次元圧密前の初期間隙比 e_0 は、Fc や OCR が高くなるほど小さな値となることが分かる。また一次元圧密過程で間隙比は著しく低下するが、これは一次元圧密でも粒子破碎が生ずるためである²⁾。その破碎の程度は細粒分量によって変化するものと推測されるが、図では

P'が高くなると間隙比は一定値に収束する傾向が示されている。

表-3 に、各供試体の圧縮指数 C_c を示した。この表から、Fc が増加すると C_c は小さな値となることが理解できる。

表-3 各供試体の圧縮指数 C_c

OCR	1.0	2.0	3.5
Fc=1.9%	2.20	2.00	2.03
Fc=20%	1.47	1.63	1.60
Fc=30%	1.69	1.47	1.62
Fc=50%	1.03	1.36	1.22

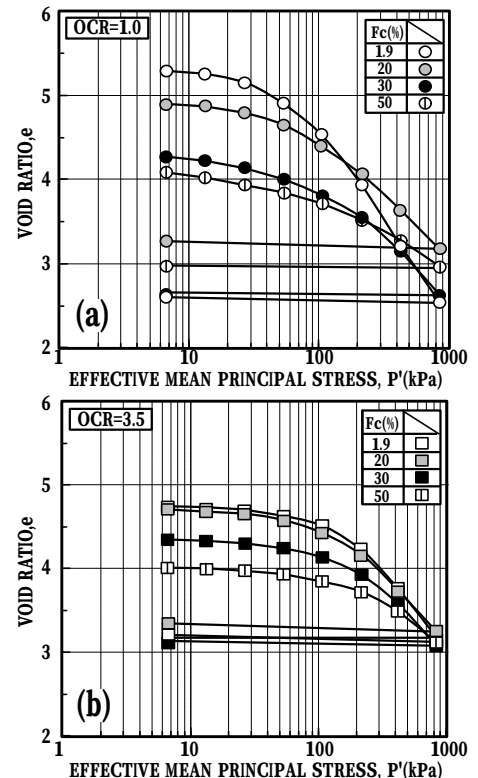


図-1 $e-\log P'$ 関係; (a)OCR=1, (b)OCR=3.5

キーワード：火山性粗粒土、細粒分、過圧密、標準圧密試験、液状化強度

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

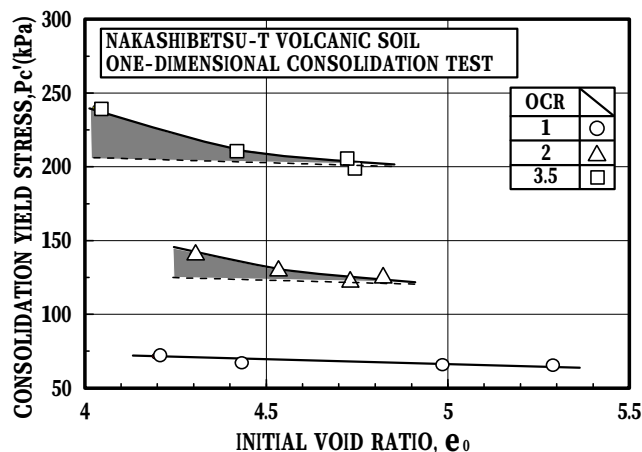


図-2 初期間隙比と圧密降伏応力の関係

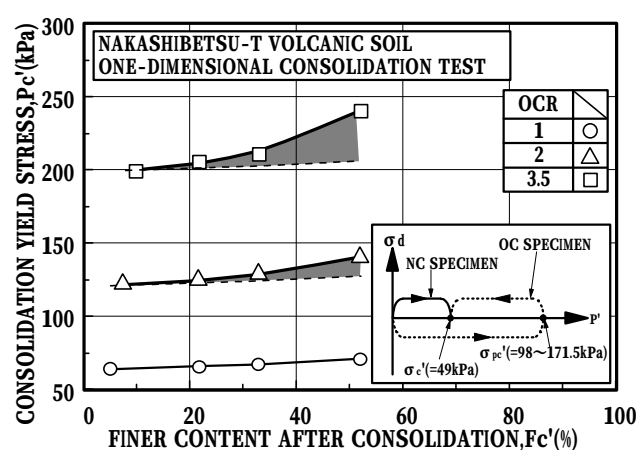


図-3 細粒分含有率と圧密降伏応力の関係

図-1 から圧密降伏応力 P_c を求め、 P_c と初期間隙比 e_0 との関係を示したのが図-2 である。正規圧密された供試体では、細粒分増加によって e_0 が大きく変化しても P_c の変化は非常に僅かである。また OCR=2.0 や 3.5 の場合は、過圧密効果によって正規圧密の場合よりも P_c が著しく高くなり、空隙比の減少に伴う P_c の増分（図中の斜線部の面積）は OCR が高くなるほど大きい。この過圧密履歴による圧密降伏応力の増分は、細粒分を含有した供試体にセメンテーション的な効果がもたらされたためと考えられる。

図-3 では、 F_c と P_c に関して図-2 と同様な整理をしている。図-3 から、 F_c や OCR が高くなるほど P_c は高くなり、破碎細粒分増加によるセメンテーション効果は、等方圧密時の先行圧密圧力が高くなるほど顕著となることが明らかである。

一次元圧密試験の結果から、OCR や F_c を変化させた供試体における液状化強度の変化¹⁾ は、上記の細粒分含有量（もしくは空隙比）の変化に追従したセメンテーション効果の差に起因するものと考えられる。その液状化強度におけるセメンテーションの動員の違いを明瞭にするために、図-4 に過圧密による繰返し応力比の増加率 R_{OCR} （定義は図中に示されている）と F_c の関係を示した。この図には、塑性細粒分（NSF-CLAY、MC-CLAY）¹⁾ を 30% 混合した供試体の結果についても併せて示している。なお、図中の R_{OCR} は各 OCR の細粒分増加による繰返し応力比の増減を、対象とする F_c の OCR=1 に関するそれで正規化したものである。

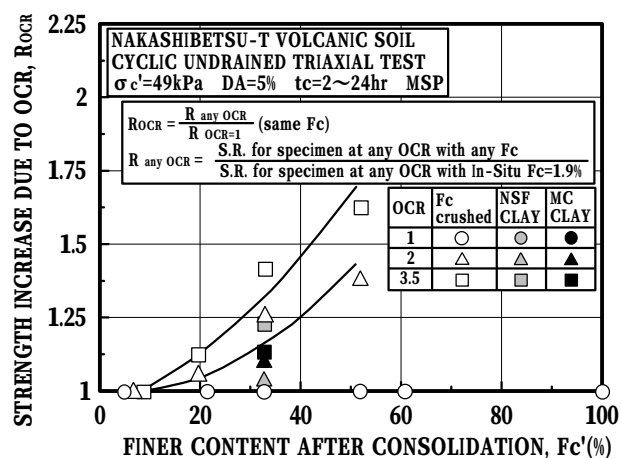


図-4 F_c と OCR の違いによる液状化強度の変化

図から、過圧密比の増加に伴って細粒分の増加による強度増加率が大きくなることが分かる。また NSF 及び MC-CLAY を 30% 混合した供試体の場合は、 F_c crushed 混合供試体よりも強度比が若干低い値を示す。このことは、試験上は非塑性となる破碎細粒分に強度増加をもたらす性質（塑性）があることを示唆している。

5. まとめ

- ① 正規圧密された火山灰土では、細粒分変化による圧密降伏応力の変化は小さい。
- ② 破碎細粒分の含有率や OCR が高くなるほど、圧密降伏応力や液状化強度の増加は顕著になる。
- ③ この強度増加は、過圧密過程でもたらされたセメンテーション効果によるものである。

参考文献：1) 三浦清一，根本信二，阿曾沼剛，八木一善：過圧密条件下にある破碎性火山灰土の液状化強度に及ぼす細粒分の影響，第 35 回地盤工学研究発表会，2000(投稿中)。 2) 三浦清一，八木一善：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，pp257-269，1997。