

Ⅲ-A91 細粒分を含む火山灰土の液状化強度に及ぼす過圧密履歴の影響

榊地崎工業 土木部技術課 正 員 八木 一善  
 室蘭工業大学 大学院 学 生 員 ○根本 信二  
 北海道大学大学院 工学研究科 フェロー 三浦 清一

1. はじめに

破砕性火山灰土では、塑性・非塑性を問わず細粒分を混合すると液状化強度は低下することが分かっている<sup>1)</sup>。本研究では、さらに細粒分を含有する火山灰土の液状化強度に及ぼす過圧密履歴の影響を調べている。

2. 試験試料と試験方法

試験試料は、中標津町当幌で採取した降下火山灰である。表-1に、原位置試料の細粒分(In-Situ Fc)と破砕細粒分(Fc crushed)、NSF-CLAY、MC-CLAYをそれぞれ混合した試料の物理的性質を示す。Fcは圧密前の細粒分含有率であるが、圧密過程では粒子破砕が生じて破砕細粒分が発生するため、圧密後の細粒分含有率Fc'も調べている。

表-2に、各細粒分のみを示標特性を示した。NSF-CLAYとMC-CLAYは塑性細粒分であるが、破砕細粒分の塑性限界は求めずにNPとなる。

供試体はMSP法により再構成している。圧密後の供試体密度 $\rho_{dc}$ とFcは、表-1に示す値に対してそれぞれ $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ の範囲内にある。

供試体にはCO<sub>2</sub>、脱気水を通し、196kPaのバックプレッシャーを供給して飽和させた。供試体の間隙水圧係数B値は、全て0.96以上の値を得ている。所定の過圧密比OCRに対応する先行圧密圧力を与えてtc=2~24hrの等方圧密を行った後に、有効拘束圧 $\sigma'_v=49kPa$ のもので等方的に膨脹(1hr)させた。繰返し非排水せん断は、軸差応力振幅一定、載荷周波数0.1Hzの正弦波にて行った。

なお、本研究に関連する砂質土の液状化強度に及ぼす細粒分の影響を調べた研究結果の一覧<sup>2)</sup>を表-3に示す。

3. 試験結果と考察

火山性粗粒土の液状化強度に及ぼす混合細粒分のIp変化の影響を調べるために、Fc=30%の各試料のIpと強度比R<sub>Ip</sub>(図中で定義)の関係を図-1に示した。正規圧密状態にあるFc crushedとMC-CLAY供試体の液状化強度はほぼ同等となるが、NSF-CLAY供試体ではそれらに比して約10%ほど強度が低い。

表-1 試験試料の物理的性質

SAMPLE NAME	Fc (%)	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )		$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_{dc}$ (g/cm <sup>3</sup> )	D <sub>50</sub> (mm)	U <sub>c</sub>
			max	min				
In-Situ Fc	1.9	2.53	0.520	0.470	0.471	0.516	7.34	4.63
	17	2.53	0.550	0.488	0.492	0.526	5.15	—
	30	2.53	0.563	0.506	0.535	0.558	4.23	—
Fc crushed	50	2.53	0.602	0.543	0.555	0.574	0.07	—
	30	2.71	0.577	0.518	0.548	0.583	4.23	—
NSF-CLAY	30	2.74	0.579	0.519	0.530	0.561	4.23	—
MC-CLAY	30	2.74	0.579	0.519	0.530	0.561	4.23	—

表-2 細粒分のみを示標特性

SAMPLE NAME	WL (%)	Ip	Silt (%)	Clay (%)
Fc crushed (NAKASHIBETSU-T $\leq 75\mu m$ )	77.3	—	45	55
Fc=33% (NSF-CLAY=30%)	60.9	24.5	4	96
Fc=100% (NSF-CLAY=100%)	54.0	26.0	0	100
Fc=33% (MC-CLAY=30%)	85.3	47.3	11	89
Fc=100% (MC-CLAY=100%)	87.0	49.0	8	92

表-3 砂質土の液状化強度に及ぼす細粒分の影響を調べた既往の研究<sup>2)</sup>

試料	細粒分の Ip	細粒分含有率	主たる結論	著者名
豊浦砂+ベンナイト(豊浦粉)(鉱さい)	261 19 NP	10~67% (Ip=10.0~51.3)	塑性指数は粘土分が多いほど、粘土分の塑性が高いほど大きくなるが、Ipの高い試料ほど液状化強度は大きい。また、鉱さいのように低塑性の場合は、細粒分が増すと液状化強度は低下する。	古閑、石原、藤井(1986)
豊浦砂+シルト	NP	10,30,50, 70,100%	OCRや相対密度に関係なく、シルト分30%で液状化強度が最小となる。これは各粒子間のダイレイタンスによる抵抗力が最も小さいため。	黄、柳沢、菅野(1993)
豊浦砂+カオリン 藤の森粘土	36.6 37.7	0.10,20,30, 40,100%	Ip=30以下で、塑性指数が増加すると液状化強度は若干増加。粘土分含有率が増えると、液状化強度は増加する。ただし、粘性度と強度との相関性はない。細粒分含有率の増減割合が、砂(Fc=0%)の最大間隙比の値と等しくなる細粒分含有率において、液状化強度は減少から増加に移行する。	桑野、中澤、杉原、矢部(1996)
豊浦砂+フライアッシュ 沖積粘土Y N	NP 2.7 15.1	0.5,1%, 0.15,30,100%, 0.15%	低塑性な細粒分が多くなるほど、液状化過程での流動性が大きくなり、液状化強度は小さくなる。	佐藤、フラン(1996)
豊浦砂+DLクレイ まさ土+細粒分	NP 8.6	0.5,10,20, 30,40%, 0.10,20,40%	非塑性のシルトの増加に伴い液状化強度は激減。DLクレイほどではないが、まさ土においても細粒分増加により液状化は低下し、20%含有で最小となる。	佐藤、小田、風間、小瀬木(1997)
豊浦砂+セピオライト 木節粘土 カオリン	320.8 38.5 29.1	10% 10% 10%	カオリン、木節粘土と砂との混合試料はNP、セピオライトの場合はIp=15.7となる。液状化前後のせん断特性では、Ipが大きくなれば抵抗は大きくなるが、含有する細粒分の種類によってはIpのみに依存しない。	永瀬、廣岡、柳塚、井上(1997)
火山性粗粒土+破砕細粒分	NP	0.20,30,50, 60,100%	細粒分が増えるほど液状化強度は低下し、50~60%の細粒分で最小となる。また細粒分が多い供試体ほど、長期圧密による液状化の増加は顕著となる。	八木、左近、三浦、空井(1997)
久慈浜海岸砂+カオリン DL 濃凍シルト(MC)	77 NP NP	10,20,100% 10,20,100% 10,20,100%	非塑性細粒分が増えるほど液状化強度は低下するが、初期密度を同一とすると細粒分が10%のときに液状化強度は最大。非塑性細粒分より、一次鉱物や粘土からなる細粒分を混合した方が強度は大きい。	足立、安原(1998)
豊浦砂+砕砂+川崎粘土	2.5,10,30	17,25,35,73%	正規圧密で392kPaより低い拘束圧の場合、繰返し応力比は拘束圧にあまり依存しない。	野崎、桑野、中村(1998)

キーワード：火山性粗粒土、粒子破砕、細粒分、過圧密、液状化

連絡先：〒064-8588 札幌市中央区南4条西7丁目6番地 榊地崎工業 (TEL:011-511-8114 FAX:011-511-2660)

また供試体に過圧密履歴を与えた場合は、OCRが高くなるほど $I_p$ の増加に伴う液状化強度の低下は顕著となる。

図-2は、過圧密による液状化強度の増加率 $R_s$ とOCRの関係を示している。ここで $R_s$ は、 $N_c=10, 20$ 回でDAが5%生ずる時の“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”で定義される。図から、火山性粗粒土の過圧密による強度増加率は、破碎細粒分が増加するほど高くなることが分かる。また、30%の塑性細粒分を含む供試体の強度増加率は、非塑性の破碎細粒分を同量含む供試体よりも低いことが明らかである。

図-3は、 $F_c$ 変化による液状化強度の増減を表しており、図中の $R_{Fc}$ は、 $N_c=10, 20$ 回でDAが5%生ずる時の“任意の $F_c$ とOCRにある供試体の液状化強度/In-Situ  $F_c$ 供試体のOCR=1における液状化強度”で定義される。正規圧密火山灰土では細粒分増加に伴って液状化強度は低下するが<sup>3)</sup>、過圧密履歴を受けると強度はIn-Situ  $F_c$ 供試体より高くなり、OCRが3.5になると破碎細粒分の増加に伴い液状化強度は増加傾向を示すようになる。以上から、火山性粗粒土の過圧密による液状化強度の増加には、圧密過程での構造的変化だけではなく粒子破碎でもたらされる細粒分の増加も貢献している。

混合する細粒分量やその性質を変化させた場合に、供試体の骨格間隙比の変化が液状化強度に反映されることが考えられる。そこで図-4に、 $F_c$ と圧密後の間隙比 $e_s$ 及び骨格間隙比 $e_b$ の関係を示した。図から $F_c$ が増加すると $e_s$ は減少し、逆に $e_b$ は著しく増加することが分かる。また、いずれのOCRにおいても $F_c$  crushed、NSF-CLAY及びMC-CLAY混合供試体の $e_s$ と $e_b$ に大きな差異は認められないことから、図-2での過圧密効果の差異は細粒分の性質の違いに起因するものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 細粒分を30%混合した火山灰土では、OCRが高くなるほど $I_p$ 増加に伴う液状化強度の低下は顕著になる。
- 2) 細粒分の塑性・非塑性を問わず、その含有量が増えると過圧密による液状化強度の増加割合は高くなるが、それは破碎細粒分（非塑性）にて顕著となる。
- 3) 過圧密火山灰土(OCR=3.5)では、破碎細粒分増加に伴う液状化強度の変化が増加傾向を示すようになる。

参考文献 1)八木一善ら：第34回地盤工学研究発表会講演集,1999 (投稿中) 2)三浦清一ら：地盤工学学会北海道支部技術報告集第39号,pp.163-172,1999 3)八木一善ら：土木学会第52回年次学術講演会概要集,pp.150-151,1997

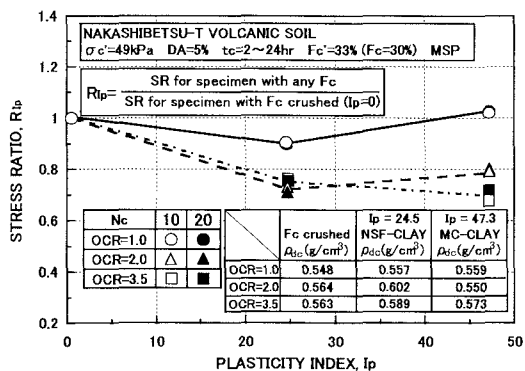


図-1 細粒分の塑性の違いによる液状化強度の変化

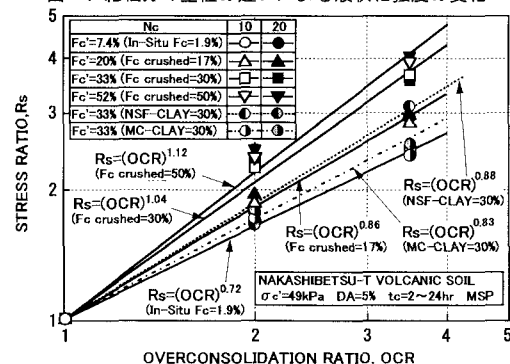


図-2 OCRの違いによる液状化強度の変化

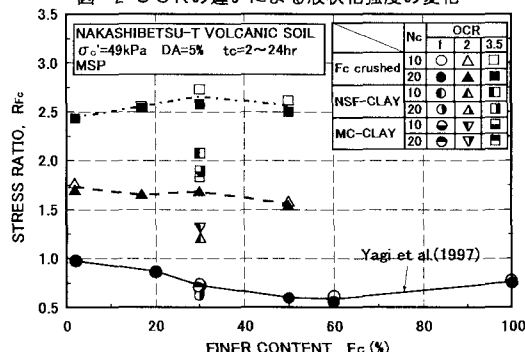


図-3  $F_c$ 変化による液状化強度の変化

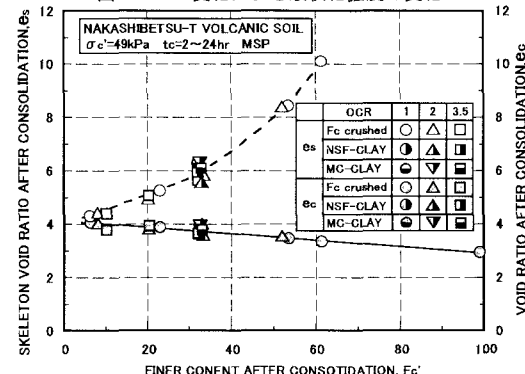


図-4 圧密後の細粒分含有率と間隙比・骨格間隙比の関係