

# 短繊維混合砂の液状化挙動に及ぼす密度の影響

福岡大学 学生会員 深田基晋 中道美穂

福岡大学 正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣

**1.はじめに** 2011年3月11日に発生した東日本大震災では、千葉県浦安市をはじめとする広域にわたる過去最大の液状化が発生した。これまで液状化抑制手法として一般的にセメント固化処理が用いられており、また強度・靱性の向上を目的とした短繊維補強土工法の大まか2つの液状化抑制手法がある。工藤ら<sup>1)</sup>は、粘性土において小ひずみでは固化材の効果が発揮され、大ひずみになるにつれ繊維混合の効果が現れ靱性の向上を示している。そこで本研究では、靱性・力学的性質の向上が確認されている短繊維混合補強土工法<sup>2)</sup>に着目し、短繊維を引張補強材として混合することで砂の液状化強度の増加を図り、大規模・長振動な地震に対して被害を抑える液状化抑制手法の開発を目的<sup>3)</sup>としている。本報告では短繊維引張補強材の液状化挙動に及ぼす相対密度の影響について、非排水繰返しせん断試験より検討した結果を報告する。

## 2.実験概要

**2-1 実験に用いた試料** 土質材料には豊浦砂砂を用い、表-1に物理特性を示す。また短繊維引張補強材には平均長さ12.0mm(±0.05)のPVA繊維(写真-1)を用いた。

表-1 混合材料の物理特性

	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	繊維長 (mm)	$e_{max}$	$e_{min}$
豊浦砂砂	2.649	-	0.984	0.612
豊浦砂砂 +短繊維引張補強材(F)	2.631	12	1.007	0.613



写真-1 短繊維引張補強材

**2-2 供試体作製方法および実験条件** 表-2に

実験条件を示す。全ての条件において $D_r=40$ 、60%における豊浦砂砂と短繊維引張補強材との配合計算を行い、水中落下法を用いて供試体作製を行った。ここで混合率は豊浦砂砂の絶対質量に対する外割り配合を意味している。また水中落下法では脱気水を用いており常に水面の高さから試料の投入を行い、供試体の全体が均一な密度になるように作製した。

表-2 実験条件

	供試体 作製条件	混合率 (%)	平均 繊維長 (mm)	目標値			拘束圧 $\sigma'_c$ (kPa)
				$D_r$ (%)	$e$	$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	
豊浦砂砂	水中落下法	0	-	40	0.835	1.443	100
				60	0.761	1.504	
1		12	40	0.849	1.423		
			60	0.771	1.486		

**2-3 実験方法** 今回行った非排水繰返しせん断試験では、載荷速度0.1Hzの正弦波の応力制御により行い、両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ にて液状化の判定を行っている。なお、全ての条件において供試体の飽和度は $B$ 値が0.96以上であることを確認して実験を行っている。

**3.実験結果及び考察** 図-1、2に相対密度 $D_r=40\%$ 及び60%における有効応力経路図と軸差応力及び軸ひずみの関係を示す。短繊維引張補強材の混合に着目すると、未処理砂に比べて短繊維引張補強材を混合した場合には、繰返し回数の増加および液状化直前の平均有効応力の減少に影響を与え、繰返しせん断抵抗が増加していることがわかる。また軸差応力と軸ひずみの関係に着目すると、未処理砂に比べ

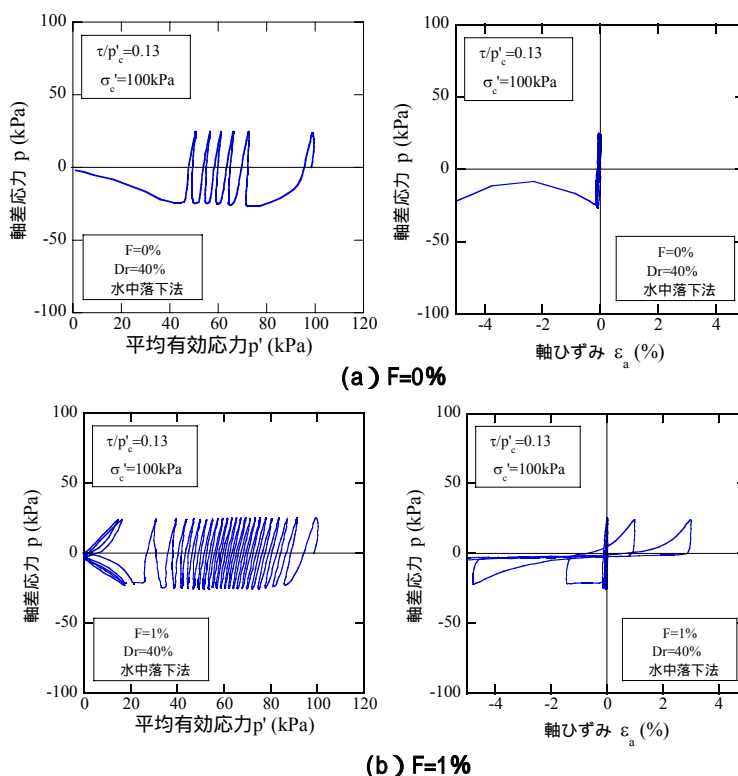


図-1 非排水繰返しせん断試験結果 ( $D_r=40\%$ )

て短繊維引張補強材を混合した場合、引張側において繰返しに対するひずみの発生抑制が確認できる。これは短繊維引張補強材を混合することにより砂粒子間の結びつきを強くしたため液状化抑制に効果を現わしたと考えられる。また、相対密度の増加に伴い短繊維引張補強材混合によるひずみ抑制効果が確認することができる。図-3 に各条件の液状化した繰返し回数と最大過剰間隙水圧比の関係を示す。

Dr=40%では、短繊維引張補強材により、最大過剰間隙水圧の上昇が抑制され最大過剰間隙水圧比が0.7付近まで緩やかに上昇後、液状化に至っている。一方Dr=60%では、最大過剰間隙水圧比は始終ゆっくりと上昇を続け、短繊維引張補強材混合では未処理砂と比較して明らかに水圧の発生が抑制されていることがわかる。図-4 に液状化強度曲線を示す。Dr=40%では、相対密度が低いものの僅かながらではあるが、短繊維引張補強材混合による液状化抑制効果が確認できる。一方Dr=60%では、供試体の相対密度の増加に伴い短繊維引張補強材混合による液状化抑制効果が顕著に現れている。ここで液状化強度  $N_{20}$  に着目すると、Dr=60%ではDr=40%に比べ短繊維引張補強材の液状化抑制が大きく現れており、約2倍程度の改善効果が現れている。これらの結果より、短繊維引張補強材による液状化抑制は、地盤の密度を増加させることにより液状化抑制効果を発揮することが確認できた。

**4.まとめ** 相対密度の違いに着目し、液状化挙動を把握するため非排水繰返しせん断試験を行い、得られた結果を以下に示す。1) Dr=40%のような緩い地盤状態においても、短繊維引張補強材混合による液状化抑制効果が十分に発揮されることが示された。2) 短繊維引張補強材混合による液状化抑制効果は、地盤密度の大きな影響を受け、密度の増加によって液状化抑制を効果的に発揮することが明らかとなった。

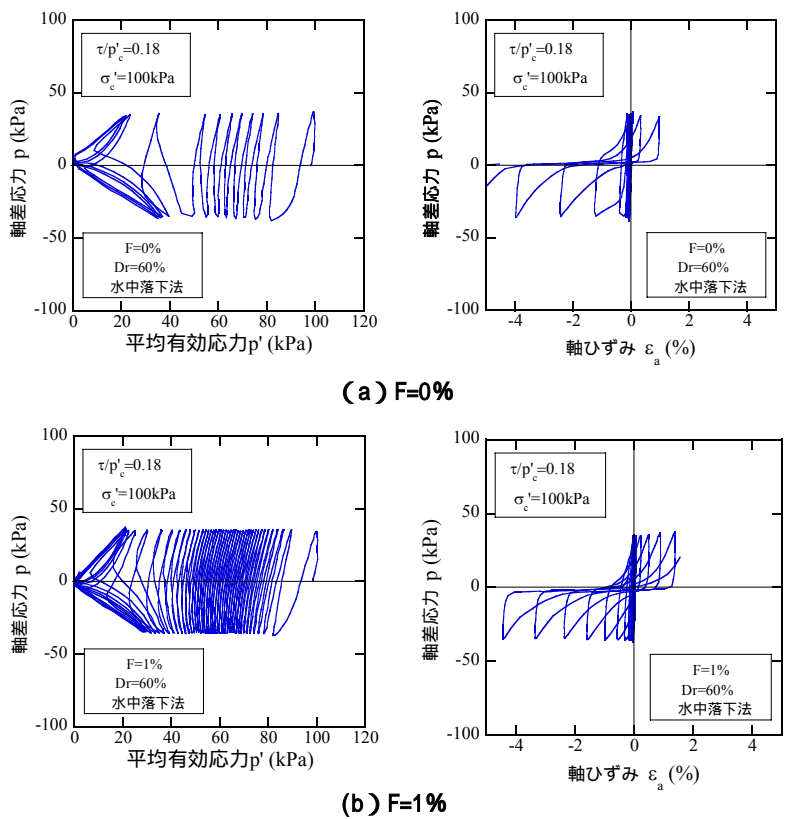


図-2 非排水繰返しせん断試験結果 (Dr=60%)

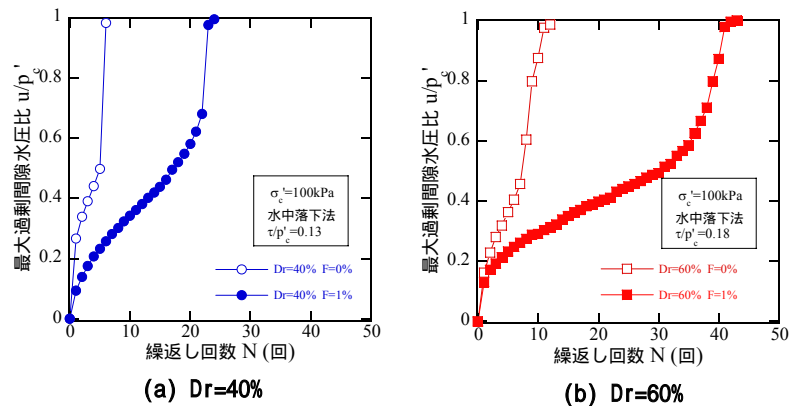


図-3 繰返し回数と最大過剰間隙水圧比の関係

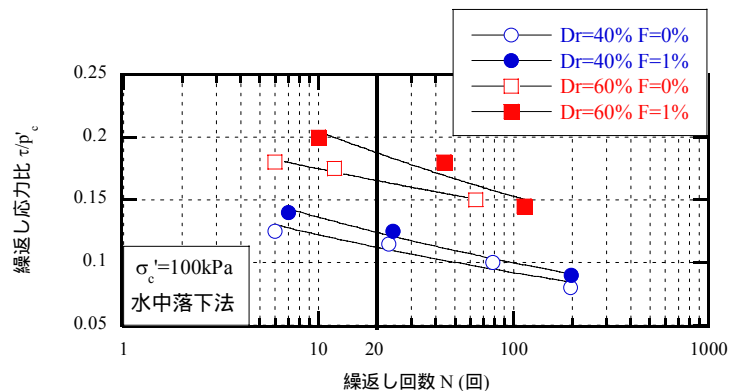


図-4 液状化強度曲線

参考文献 1) 工藤宗治: 安定処理した火山灰質粘性土の強度・変形特性における短繊維補強効果, 第34回地盤工学研究発表会 pp.857-858, 1999. 2) 財団法人土木研究センター: 短繊維混合補強土工法, <http://www.pwrc.or.jp> 3) 中道ら: 短繊維引張補強材と固化工材を用いた液状化抑制手法の開発, 土木学会第67回年次学術講演会, pp.735-736, 2012.