## 短繊維引張補強材の繊維長に着目した砂の液状化対策

福岡大学工学部 正会員 古賀千佳嗣 佐藤研一 藤川拓朗福岡大学大学院 学生会員 中道美穂

1.はじめに 2011 年に発生した東日本大震災では、浦安市等で過去最大の液状化が発生した。既存の液状化抑制手法として一般的に地盤の固化処理<sup>1)</sup>が用いられている。 しかし本研究では、地盤の強度・靭性の向上を目的とした短繊維混合補強土工法<sup>2)</sup>に 着目し、引張りに弱い土質材料に短繊維引張補強材(写真-1)を混合し、液状化を抑 制する手法の開発を目的としている。本報告では、短繊維長が砂の液状化特性に及ぼ す影響について検討した結果を報告する。

## 2.実験概要

<u>2-1 実験に用いた試料</u> 土質材料には豊浦硅砂を用い、短繊維引張補強材には平均長 さ 12.0、24.0mm (±0.05) の PVA 繊維を用いた。

2-2 供試体作製方法及び実験条件 本研究では、短繊維混合砂の液状化特性を調べる 供試体作製にあたり、まず混合試料における最大・最小間隙比を求め、供試体密度の 調整を行った。砂と混合させる短繊維は、単位体積重量が小さく、重量比わずか 1%

でも供試体内に占める体積は非常に大きくな る材料である。そこで、任意の相対密度の供 試体作製時に供試体内で短繊維が砂とうまく 混合されるようにタンピング法と水中落下法 の2種類の供試体作製法を用いて、検討を行 った。タンピング法は、砂と短繊維を十分に 混合後、所定の含水比に調整し、モールド内

ť <		供試体 作製条件	混合率 (%)	平均 繊維長 (mm)	相対密度 Dr (%)	間隙比 e	乾燥密度 pd(g/cm³)	設定 含水比 (%)	ス国 エネルギー E <sub>c</sub> (kJ/m <sup>3</sup> )	拘束圧 σ <sub>c</sub> (kPa)
•	豊浦硅砂	水中落下法	0	-	60	0.761	1.504	-	-	- 100
	豊浦硅砂		1	12		0.771	1.486			
	+短繊維引張補強材(F)			24		0.799	1.463			
	豊浦硅砂		0	-			1.489	10	78.4	
	豊浦硅砂 +短繊維引張補強材(F)	タンピング法	0.5	12		-			114.9	
				24					313.4	
,										

表-1 実験条件

に 5 層 20 回にてタンパーを用いて 1 層ごとに締固めながら供試体を作製する方法である。しかしながら、この手法で 作製する場合、短繊維混合の有無によって締固めエネルギーが異なるため、実験結果に影響を及ぼすことが懸念される。 一方、水中落下法は、水中に少量ずつ試料を投入し、堆積させて作製する方法である。この手法によって作製する場合、 タンピング法とは異なり、締固め等による影響は無くなるものの、水中での作製のため、砂に比べて軽い短繊維が砂と 絡み合わない可能性を持っている手法である。本研究では、この 2 種類の供試体作製方法によってすべての供試体を相 対密度 Dr=60%で作製し検討を行った。また、短繊維の混合率は砂試料の乾燥重量に対して F=0.5、1%とした。

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た後、実験を行った。

## <u>3.実験結果及び考察</u>

3-1 非排水単調せん断試験結果 非排水単調せん断試験より得 られた有効応力経路図を図-1 に示す。水中落下法では引張側に 大きく軟化挙動を示している。これに対し、タンピング法では 僅かながらの軟化挙動は見られるものの、全ての条件において 軟化抑制が確認できる。これは供試体作製時におけるエネルギ

キーワード 液状化抑制 短繊維引張補強材 繊維長

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8 丁目 19 番 1 号 福岡大学工学部社会デザイン工学科 TEL092-871-6631





(b) 24.0 mm 写真-1 短繊維引張補強材

空田よう

目標値



ーが軟化抑制に影響を与えたと考えられる。また、短繊維引張補強材混合の有無に着目すると、どちらの作製方法も圧縮側での軸差応力の増加に影響を与えており、短繊維が長くなるほど軸差応力の増加に効果を発揮している。これらの結果より、繊維長が軟化抑制に起因し、特にタンピング法では、短繊維と砂粒子間の摩擦抵抗が強化され、その効果が顕著に現れた。

p' = 0.1

Dr=60%

20 40 60 80

τ/p'=0.20

 $\sigma = 100 kP$ 

Dr=60%

60 80

平均有効応力 p'(kPa)

(a) 未処理砂

水中落下法

σ '=100kF

50

軸差応力q(kPa)

-100

100

50

-5(

**画応力 p (kPa**)

t/p'=0.18

3-2 非排水繰返しせん断試験結果 非排 水繰返しせん断試験より得られた有効 応力経路図を図-2 に示す。水中落下法 に着目すると、未処理砂に比べて12mm 混合砂では、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を緩や かにし、繰返しせん断抵抗が増加してい ることがわかる。しかし、24mm 混合砂 では短繊維引張補強材混合による繰返 しせん断抵抗の増加は見られない。水中 落下法では、供試体作製時にエネルギー を加えないために、短繊維が長いと繊維 塊が発生し易くなり、砂と短繊維の混合

がうまく出来ずに強度が低下したと考えられる。一方、突固め を行うタンピング法に着目すると、繊維長の増加に伴い繰返し 回数の増加および液状化直前の平均有効応力の減少を緩やかに し、繰返しせん断抵抗が増加していることがわかる。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。ストレスパスから見られたようにタンピング法では、繊維 長の増加につれ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した後に、液状化に至ってい る。図-4 に各条件の液状化した繰返し回数と両振幅軸ひずみの 関係を示す。全ての条件において、せん断直後にひずみは見ら れず液状化直前に急激なひずみの発生が確認できる。図-5 に液 状化強度曲線を示す。水中落下法の 24mm 混合砂を除けば、短 繊維混合により砂の液状化強度は向上することがわかる。特に タンピング法では砂粒子と短繊維がうまくかみ合い、繰返しに 対して抵抗力が発揮されたと考えられる。これは短繊維が長く なるにつれ、地盤内で自在に変形し砂粒子間の結び付きを強く したためと考えられる。

4.まとめ 短繊維引張補強材の繊維長の違いに着目し、短繊維引 張補強材混合砂の液状化挙動を把握するため非排水単調・繰返 し試験を行って、得られた知見を以下に示す。1)砂と短繊維を 混合すると液状化強度は増加し、短繊維長の増加に伴い強度増 加がみられた。2)短繊維による砂粒子間の摩擦力の向上により、 タンピング法ではさらに液状化強度の増加幅が大きくなったと 考えられる。



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



/p' =0.16