

粒度分布の違いに着目した短繊維引張補強材混合土の液状化挙動の把握

福岡大学 学生会員 中道美穂 深田基晋
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 著者ら¹⁾は、引張りに弱い土質材料に短繊維引張補強材を混合し、液状化を抑制する手法の開発に関する研究を行っている。これまでに、豊浦硅砂に短繊維引張補強材を混合することで液状化強度が増加するという知見を得たが、その強度増加は僅かなものであった。これは豊浦硅砂の砂粒子が短繊維引張補強材に対し大きく、粒径がそろっていることが要因のひとつではないかと考えられる。そこで本研究では、豊浦砂と比較して粒度分布が広いまさ土に着目し、粒度分布が広い地盤材料における短繊維引張補強作用が液状化抵抗に与える効果の検討を行った。本報告では、粒度分布の違いが液状化抑制に与える影響について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 土質試料は、豊浦硅砂、福岡県朝倉市より採取したまさ土を用いた。これらの物理特性を表-1、粒径加積曲線を図-1に示す。まさ土は、供試体の大きさの制約から、4.75mm以下にふるい分けしたものをを用いた。また、まさ土の細粒分含有率 F_c は9.0%である。短繊維引張補強材は、ポリビニルアルコール繊維 (PVA)を用いた。この短繊維は平均長さ 12.0 (±0.05) mm である。

2-2 実験条件及び供試体作製方法 表-2 に実験条件を示す。短繊維引補張強材の混合率は土質材料の絶乾質量に対する外割配合としており、各条件 0%、1%とした。写真-1 に混合率 $F=1\%$ における繊維混合状況を示す。まさ土中に短繊維塊ができずに土粒子と短繊維が良く混合している状況が確認できる。各供試体の相対密度は全て $Dr=60\%$ に設定し供試体を作製した後、実験を行っている。供試体作製方法については、密度管理のもとタンピング法を用いた。土質材料と短繊維引張補強材を十分に混合した後に所定の水を加え含水比調整後に攪拌し、各層において豊浦硅砂 20 回、まさ土 30 回の突き固めを行い、供試体を作製した。層数は 5 層である。

2-3 実験方法 今回行った非排水繰返しせん断試験は、載荷速度 0.1Hz、正弦波の応力制御により行った。また、本研究における液状化の判定は、両振幅軸ひずみ (DA) が 5%に達した時としている。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た後、実験を行っている。

3.実験結果及び考察 図-2.3 にまさ土 (短繊維混合率 $F=0\%$ 、 $F=1\%$) における同一繰返し応力比 ($\tau/p_c'=0.18$) の有効応力経路図及び軸差応力と軸ひずみの関係を示す。未処理土 ($F=0\%$) では、せん断初期から有効応力は大きく低下し、引張側で一気に液状化に至っていることがわかる。一方短繊維混合土は、未処理土に比べて有効応力の低下が抑制され、有効応力は 0 に達せず、液状化に至るまでの繰返し回数が増加していることが確認できる。また、軸差応力と軸ひずみの関係を見ると未処理土での軸ひずみは、繰返しに伴い引張側に大きくなり、有効応力の低下と共に流動変形が生じ 10%を超える大きな軸ひずみが発生している。これに対し処理土では、引張側に軸ひずみが発生したが、繰返しと共にゆっくりと軸ひずみが発生しながら、液状化

表-1 土質材料の物理試験結果

	豊浦硅砂	豊浦硅砂+PVA1%	まさ土	まさ土+PVA1%
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.649	2.631	2.716	2.522
最大間隙比 e_{max}	0.984	1.007	1.18	1.15
最小間隙比 e_{min}	0.612	0.613	0.616	0.51
細粒分含有率 F_c (%)	0	0	9.0	8.9
塑性指数 I_p	NP		NP	



写真-1 短繊維混合状況
まさ土 $F=1\%$

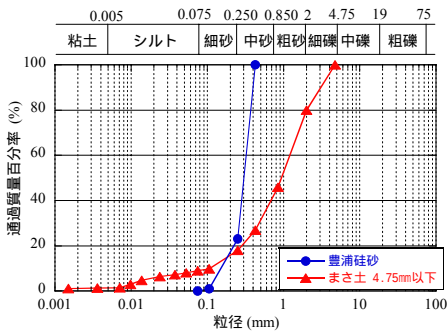


図-1 土質材料の粒径加積曲線

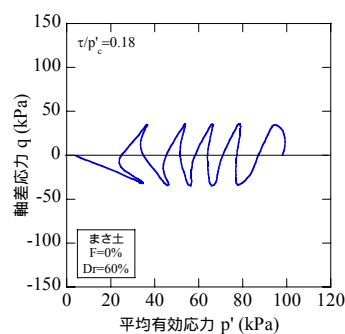
表-2 実験条件

検討条件	短繊維引張補強材混合率 (%)	目標 Dr (%)	突固めエネルギー E_c (kJ/m ³)	設定含水比 w (%)
豊浦硅砂	0	60	156.7	10
まさ土	1		47.28	

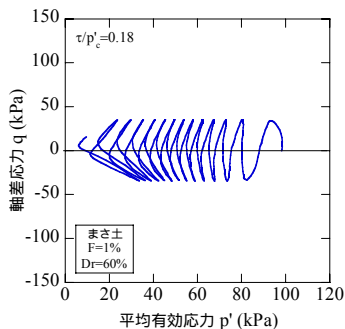
に至っている。これは、短繊維引張補強材によって繰返しに伴うせん断変形が抑制されたためと考えられる。また、短繊維は、引張補強材として繰返しに伴う引張に対して抵抗力を発揮したといえる。図-4 にほぼ同一繰返し応力比、 $Dr=60\%$ における豊浦硅砂、まさ土の各条件の液状化した繰返し回数 $N/N_{5\%}$ と最大過剰間隙水圧比の関係を示す。まず、豊浦硅砂の条件をみると、最大過剰間隙水圧比が 0.6 を超えたあたりから発生傾向が変化し、上昇傾向が大きくなっていることが分かる。また、まさ土の最大過剰間隙水圧比は、せん断開始から終始ゆっくりと上昇する挙動を示している。一方、短繊維引張補強材を混合させると、どちらの試料も未処理土に比べ過剰間隙水圧の発生が抑制され、繰返しに伴う上昇が緩やかになっている。また、その傾向はまさ土の場合に顕著であることがわかる。次に、図-5 に図-4 と同一条件における両振幅軸ひずみの発生状況を示す。豊浦硅砂をみると、短繊維引張補強材を混合しても、未処理土と変わらず、正規繰返し回数 0.9 回付近からひずみが一気に発生している。これに対しまさ土は豊浦硅砂と比べゆっくりとした発生挙動を示し、短繊維引張補強材混合によってさらに緩慢な挙動を示している。次に、図-6 に液状化強度曲線を示す。ここで液状化判定は、両振幅軸ひずみが 5% に達した時としている。まさ土の液状化強度は豊浦硅砂よりも低い値を示した。既往の研究²⁾より、細粒分の塑性指数が高いものほど液状化強度は高くなる傾向があり、細粒分の増加が必ずしも液状化強度の増加に寄与しないという知見がある。今回用いたまさ土の塑性指数が NP であり、相対密度が同程度の豊浦硅砂に比べ液状化強度が小さくな

たとえられる。その一方で、液状化強度 N_{20} に着目すると、短繊維引張補強材を混合させた時の強度増加の伸び率は、豊浦硅砂に比べまさ土が大きいことがわかる。これは、粒度分布が広がったことにより、短繊維引張補強材が土粒子とうまく絡み合い、見かけの粘着力が発生し、せん断変形を拘束したと考えられる。

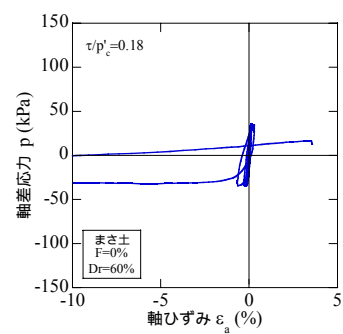
4.まとめ 粒度分布の違いに着目し、短繊維引張補強材混合土の液状化挙動を把握するため非排水繰返し試験を行って、得られた知見を以下に示す。1) まさ土に短繊維引張補強材を混合することにより、繰返しに伴う引張側でのひずみが抑制されることが明らかとなった。2) 粒度分布が広い土質材料に繊維引張補強材を混合すると土粒子と短繊維がうまく絡み合い、短繊維の引張力が働き、繰返しせん断変形が拘束され液状化強度の増加することが示唆された。



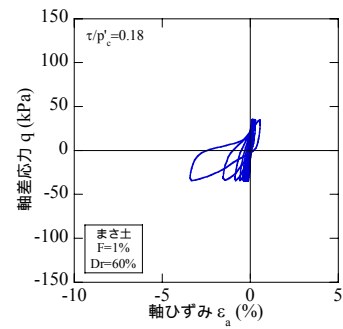
(a) まさ土 F=0%



(b) まさ土 F=1%



(a) まさ土 F=0%



(b) まさ土 F=1%

図-2 有効応力経路図 図-3 軸差応力と軸ひずみの関係

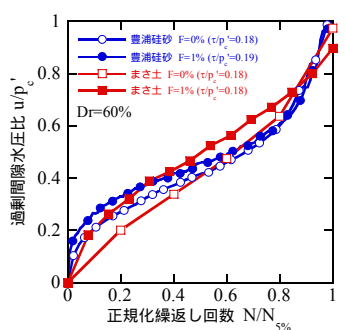


図-4 正規化繰返し回数と最大過剰間隙水圧比の関係

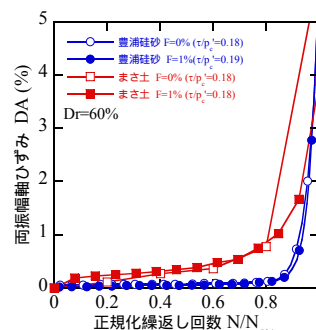


図-5 正規化繰返し回数と両振幅軸ひずみの関係

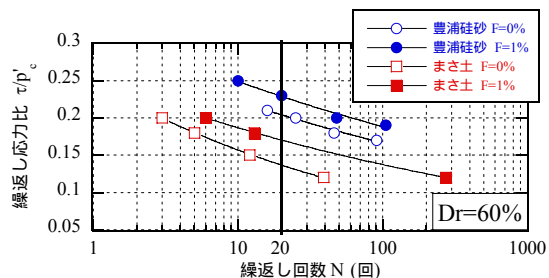


図-6 液状化強度曲線