

土質材料の違いが短繊維混合土の液状化挙動に及ぼす影響

福岡大学大学院 学生会員 堀 哲巳

福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 藤川 拓朗 古賀 千佳嗣

1. はじめに 地震大国である日本では、地震発生に伴う液状化被害が多く発生している。東北地方太平洋沖地震では、シルト質の細粒分を含む埋め立て地盤で多く発生していることが報告されている¹⁾。そこで本研究では、この液状化被害を抑制するため、短繊維混合補強土工法²⁾に着目し、新たな液状化抑制手法の提案をしている。著者ら^{3, 4)}は、土質材料に短繊維混合することにより土質材料の粘り強さ(靱性力)の改善が液状化抑制につながることを確認している。本報告では特に土質材料の違いに着目し、短繊維を混合による非排水繰返しせん断試験による液状化特性の把握について検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2-1 実験に用いた試料 土質試料に豊浦砂、粒径幅が広いまさ土及び粒子破碎が生じやすいチイビシ砂の3種の試料を用いた。表-1に土質試料の物理特性、図-1に土質試料の粒径加積曲線を示す。

2-2 実験条件 表-2に非排水繰返しせん断試験の実験条件を示す。供試体作製は中密な地盤模擬し、各相対密度 $Dr=60\%$ に設定した。短繊維混合率は、豊浦砂とまさ土については、 $SF=0, 1.0\%$ 、チイビシ砂は $SF=0, 0.5, 1.0\%$ とし、PVA 繊維長 $L=40\text{mm}$ にて検討を行った。ここで短繊維材料の混合率は各土質試料の絶乾質量に対する外割配合としている。また供試体の設定含水比は各土質試料の乾燥質量に対して $w=10\%$ に設定した。

2-3 実験方法 含水比 $w=10\%$ に調整した各土質試料と、短繊維を十分に攪拌混合したものを直径 7.5cm 、高さ 15cm のモールド内にタンピング法により5層、各層所定の回数で突き固めて供試体を作製した。供試体作製時の1層当たりの締固め回数を図-2に示す。図より分かるように所定の供試体密度に対し、短繊維混合に伴い、締固め回数が増加していることが分かる。さらに、最大粒径が大きいチイビシ砂の締固め回数が多いことも確認できる。また、この締固め回数の増加に伴い、粒子破碎が生じ、細粒化していることが図-1から確認できる。非排水繰返しせん断試験については、載荷速度 0.1Hz の正弦波の応力制御により行った。なお、液状化の判定は両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ に達した時とし、全条件において B 値は 0.96 以上であり、十分な飽和状態であることを確認している。

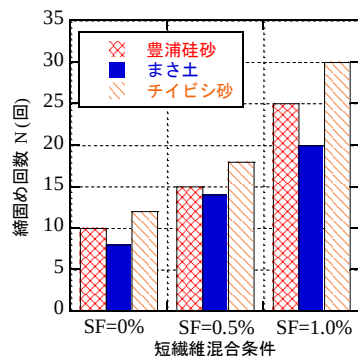


図-2 供試体作製時の1層当たりの締固め回数

表-1 土質試料の物理特性

土質試料	土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	最大間隙比 e_{max}	最小間隙比 e_{min}
豊浦砂	2.649	0.984	0.612
まさ土	2.782	1.119	0.642
チイビシ砂	2.727	1.456	1.012

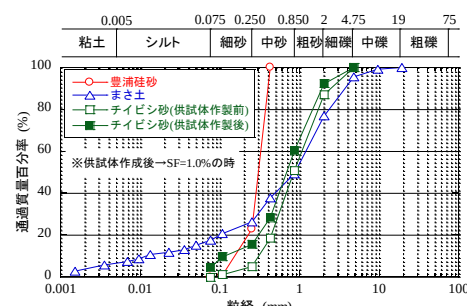
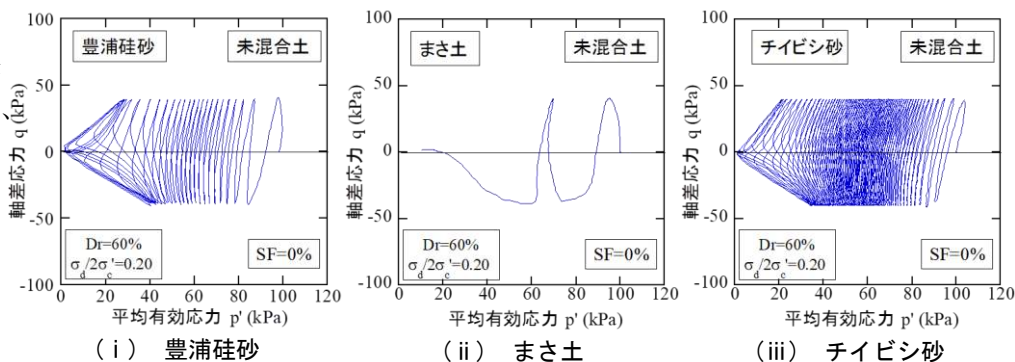


図-1 土質試料の粒径加積曲線

表-2 非排水繰返しせん断試験の実験条件

土質試料	短繊維混合率 SF (%)	繊維長 L (mm)	設定含水比 w (%)	目標相対密度 Dr (%)
豊浦砂	0	-	10	60
まさ土	0.5	40		
チイビシ砂	1.0			

3. 実験結果及び考察 図-3(a), (b)に各土質材料の短繊維未混合土($SF=0\%$)及び短繊維混合土($SF=1.0\%$)の有効応力経路図を示す。まず、同一相対密度における(a)短繊維未混合土($SF=0\%$)に着目すると、せん断初期から有効応力が低下し、豊浦砂とチイビシ砂ではサイクリックモビリティを示しながら、液状化に至っている。一方で、まさ土はせん断初期から急激に有効応力の低下し、2サイクル目で

(a) 短繊維未混合土 ($SF=0\%$)

図-3 有効応力経路図

供試体の変形が5%に達し、有効応力が0に達することなく、実験終了している。これまでの知見⁵⁾から細粒分含有率が $F_c=10\%$ 以上であると両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ では間隙水圧の上昇が遅く、有効応力は完全に消散されないまま変形による破壊に至っていることが知られている。次に、(b)の

短繊維混合土では、短繊維の混合により、豊浦砂とまさ土では、有効応力の低下を抑制していることが分かる。しかしながら、チイビシ砂はせん断初期に未混合土で見られた有効の増加が見られなくなり、未混合土と比べ、液状化に至るまでの繰返し回数が少なくなっている。これは、図-2で示された供試体作製時の締固め回数が短繊維の混合に伴い増加することから、締固めによる粒子破碎が生じたことが大きな要因と考えられる。図-4に同一応力条件下における各土質材料の最大過剰間隙水圧比と繰返し回数の関係を示す。豊浦砂とまさ土において、短繊維を混合したことにより液状化に至るまでの過剰間隙水圧の発生が抑制されていることが分かる。これに対し、チイビシ砂は、短繊維混合に伴う供試体作製時の粒子破碎により、間隙水圧の発生が促進されている。図

-6に図-5と同条件における両振幅軸ひずみと繰返し回数の関係を示す。過剰間隙水圧の発生挙動と同様に豊浦砂とまさ土は、短繊維の混合によりひずみの発生を抑制しており、短繊維混合により供試体の変形を拘束する力が増加したことが分かる。図-6に各土質試料の液状化強度曲線、図-7に短繊維混合条件と液状化強度の関係を示す。ここで液状化強度は、繰返し回数 $N_L=20$ 時における繰返し応力比としている。短繊維の混合により、豊浦砂とまさ土は液状化強度の増加が見られている。しかしながら、チイビシ砂において、短繊維混合率 $SF=0.5\%$ では液状化強度が増加しているものの、 $SF=1.0\%$ になると液状化強度が低下していることが分かる。これは、破碎性材料の粒子破碎に伴うせん断強度の低下が要因であると考えられる⁶⁾。本研究においても供試体作製時の締固めによる粒子破碎が生じたために、短繊維の補強効果より、粒子破碎に伴う粒径変化が液状化強度に影響を及ぼしたと考えられる。短繊維混合の改良対象の地盤材料が破碎性材料の場合、混合及び締固め時の粒子破碎に十分に配慮する必要があることが示唆された。

4. まとめ 1) 土質材料が液状化特性与える影響は、粒径幅が広いまさ土や粒子破碎が生じやすいチイビシ砂においても短繊維を混合することで液状化強度は増加し、液状化抑制効果は向上することが確認された。2) 粒子破碎が生じやすい土質材料は短繊維混合率の増加に伴い、供試体作製の密度調整時に締固め回数が増加することから粒子破碎が生じ、液状化強度が低下することが明らかとなった。3) 様々な土質材料に短繊維混合土として用いる上で、粒子破碎が生じやすい土質材料では、締固め条件や短繊維混合率の選定に十分に配慮する必要がある。

【参考文献】1) 安田ら：東京湾岸における液状化被害，地盤工学会誌，Vol.59，No.7，pp.38-41，2011. 2) 財団法人土木環境センター：短繊維混合補強土工法 3) 中道ら：短繊維引張補強材混合土を用いた液状化抑制に関する実験的検討，ジオシンセティックス論文集，第28巻，pp.155-160，2013. 4) 平野ら：短繊維混合補強土の基本特性，ジオシンセティックス論文集，第28巻，pp.135-142，2013. 12 5) 矢島ら：細粒分を含む砂質土の液状化特性と液状化強度評価に関する一考察，土木学会論文集，No.624，pp.113-122，1999. 6) 三浦ら：砂のせん断特性に及ぼす粒子破碎の影響，土木学会論文報告集，第260号，pp.109-1180，1977.4

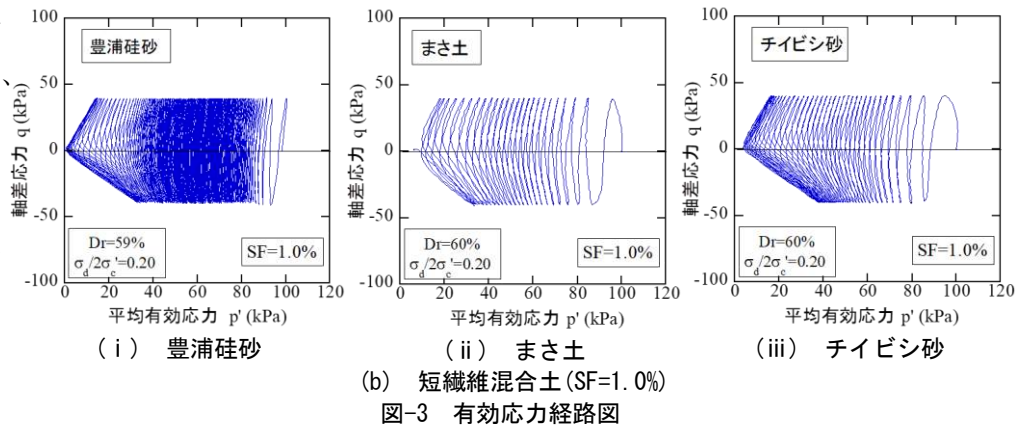


図-3 有効応力経路図

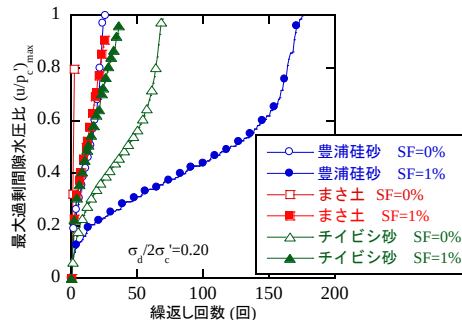


図-4 最大過剰間隙水圧比と繰返し回数の関係

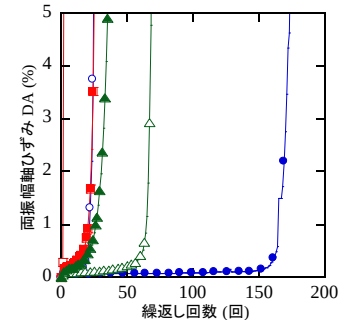


図-5 両振幅軸ひずみと繰返し回数の関係

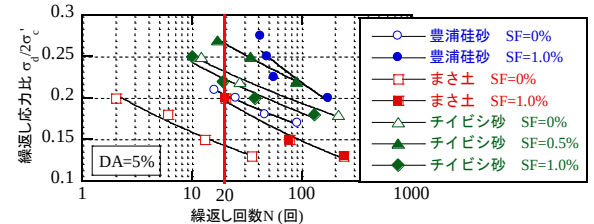


図-6 液状化強度曲線

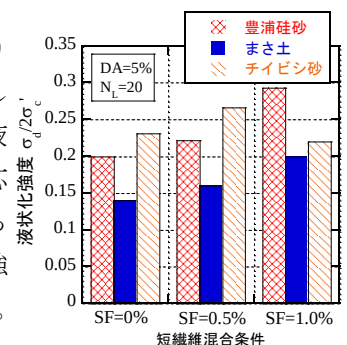


図-7 短繊維混合条件と液状化強度の関係