

## 竹チップ・フレークを用いた砂の液状化抑制効果の検討

福岡大学大学院 学生会員 ○古賀 新太郎

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** 著者らはこれまでに短繊維混合補強土工法<sup>1)</sup>に着目し、繊維質材料の混合により強度・靱性等の力学特性の向上による、液状化抑制効果の有効性を確認している<sup>2)</sup>。一方、西日本を中心に竹林が放置され、大きな社会問題になっている。そこで、竹林保護のため伐採された竹廃材の有効利用が求められている。竹をチップ・フレーク化した材料は、竹特有の強い植物繊維が含まれ、引張補強材としての働きが十分に期待できると考えられる。そこで本研究では、合成繊維の代替材として、竹廃材を破碎した竹チップ及び竹フレーク材に着目した。本報告では、竹廃材の混合による砂の液状化抑制効果を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、繊維質材料として平均長さ 12.0mm(±0.05)のポリビニルアルコール繊維、また、竹廃材を破碎した最大長さ 20.0mm の竹チップと最大長さ 30.0mm で綿状になった部材を多く含有する竹フレークを用いた。竹フレーク及び竹チップは、60°Cで一定質量になるまで乾燥させたものを用いている。表-1に繊維質材料の外観を示す。

表-1 繊維質材料の外観

PVA繊維	竹チップ	竹フレーク
		
平均長さ12.0mm	自然含水比37.5% 最大長さ20.0mm	自然含水比21.8% 最大長さ30.0mm 綿状含有率50%

**2-2 実験条件** 表-2に実験条件を示す。未処理土(F=0%)、PVA 繊維を 1% 混合した条件(F=1%)に加え、竹チップを 1% 混合した条件(BC=1%)と竹フレークを 1% 混合した条件(BF=1%)の計4条件について検討を行った。ここで、繊維質材料の混合率は、豊浦砂の絶乾質量に対する外割り配合としている。また、全ての条件について供試体作製時の含水比は、材料混合後の乾燥重量に対して w=10% に設定した。

表-2 実験条件

検討条件	目標乾燥密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	設定含水比 w(%)	突き固め回数(回)
F=0%	1.45	10	10
F=1%			17
BC=1%			21
BF=1%			25

**2-3 供試体作製方法** 供試体作製は、密度管理のもと事前に突き固めを行い回数を求め、タンピング法を用いて作製した。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を 10%に調整し、攪拌混合した。全ての条件において豊浦砂の相対密度  $D_r=40\%$ を想定した乾燥密度  $\rho_d=1.45\text{g/cm}^3$  を目標とし、直径 7.5cm、高さ 15cm のモールド内に層数 5 層で所定の突き固め回数にて供試体の作製を行った。表-2 に示すように竹の混入に伴い突き固め回数が異なっていることが分かる。

**2-4 実験方法** 今回行った非排水繰返しせん断試験は、正弦波で載荷速度 0.1Hz にて行い、両振幅軸ひずみが  $DA=5\%$ に達した時に終了とした。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た。

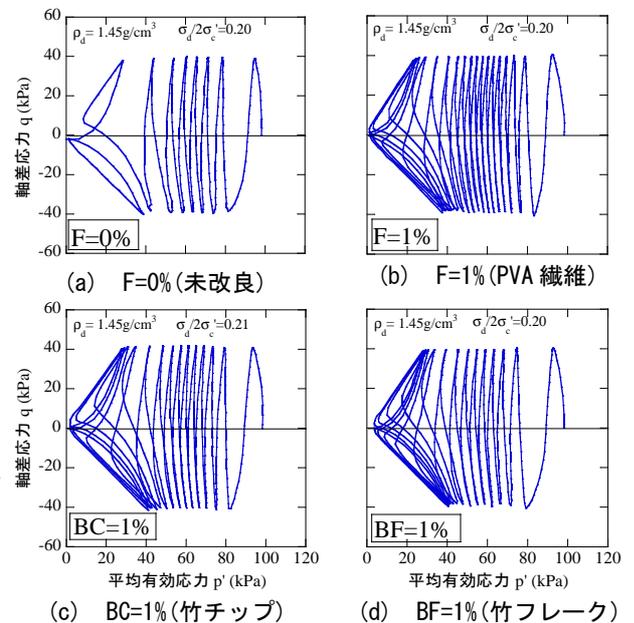


図-1 有効応力経路図

**3. 実験結果及び考察** 図-1 に各検討条件における同程度の繰返し応力比( $\sigma_d/2\sigma'_c \approx 0.20$ )の有効応力経路図を示す。各条件の繰返しせん断挙動は、未改良の F=0%に対して、短繊維材料を混合させたものは、繰返しに対する抵抗力が増加し、短繊維混合による有効応力の低下が抑制されていることが分かる。また、いずれの条件も液状化に至る

キーワード 液状化抑制, 短繊維引張補強材, 竹チップ, 竹フレーク, 三軸圧縮せん断試験

連絡先 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部 TEL092-871-6631(ext.6464)

直前でサイクリックモビリティを示しながら有効応力を消失していることが分かる。特に短繊維材料を混合したものはその挙動が顕著であり、竹フレーク及びチップ混合では有効応力が 0 に至っていないことが分かる。

次に、図-2 に各条件における応力ひずみ関係を示す。未処理砂では、引張側において大きな軸ひずみが発生し、液状化に至っている。これに対し、繊維質材料の混合により、引張側においてひずみ幅の大きさが抑制されていることが分かる。繊維長が長いほど高い靱性を示し、粘り強くなることが既往の研究により明らかになっている<sup>3)</sup>。そのため、竹チップ及び竹フレークなどの自然由来の繊維質材料においても、繊維長の増加に伴い、引張側のひずみ幅が抑制され液状化抵抗が増加する可能性があると考えられる。

図-3 に最大過剰間隙水圧比と繰返し回数の関係について示す。未処理砂ではせん断初期から過剰間隙水圧が一気に発生しているのに対し、繊維質材料を混合させた場合では、過剰間隙水圧が徐々に発生する緩慢な挙動を示していることが分かる。

図-4 に示す両振幅軸ひずみと繰返し回数の関係では、全条件において両振幅軸ひずみの発生挙動に大きな違いはないが、繊維質材料を混合することで液状化に至るまでの繰返し回数が増加し液状化に伴う変形抑制が生じていることが確認できる。特に PVA 繊維を用いた場合の効果が顕著である。これは PVA 繊維は繊維長が統一され、最も砂粒子とかみあいやすく、繰返しに対して抵抗力が発揮されたと考えられる。

図-5 に液状化強度曲線を示す。繰返し回数 20 回に着目すると、僅かではあるが PVA 繊維混合及び竹チップ混合では約 1.16 倍、竹フレーク混合では約 1.12 倍程度の液状化強度の増加が得られた。しかし、東北地方太平洋沖地震のような継続時間の長い地震における液状化判定では、繰返し回数 20 回より多い回数での判定が必要と考えられる。福武<sup>4)</sup>は、今回の地震では繰返し回数 100 回で判定すると示している。そこで図-6 に繰返し回数 20 回の繰返し応力比を基準とし、繰返し回数 100 回と比較した際の液状化維持率を示す。液状化維持率は 0.75 程度に低下することが分かる。これに対し、短繊維混合と同程度に低下するものの、特に繊維剛性が高い竹チップについては 0.85 と高いことが分かる。今後地震動継続時間に対する材料の剛性の影響の検討が必要である。

**4. まとめ** 1)自然由来の繊維質材料として竹チップ、竹フレークを混合させることで僅かに液状化強度は増加を示した。2)竹材料は、液状化対策として合成繊維の代替材として同程度の特性を持ち、使用可能であると示唆された。

**参考文献** 1)財団法人土木環境センター：短繊維混合補強土工法 <http://www.pwrc.or.jp/fukyuu/higradesoil/tansenni.html>  
 2) 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,pp155-160,2013 3) 山下亮介ら：補強材として竹繊維を用いた壁土の一軸圧縮強さについて，第 47 回地盤工学研究発表会，pp.539-540, 2012. 4) 福武毅芳：東北地方太平洋沖地震における東京湾岸北部埋立地の有効応力解析による検討，清水建設研究報告第 89 号，pp39-50, 2012. 1.

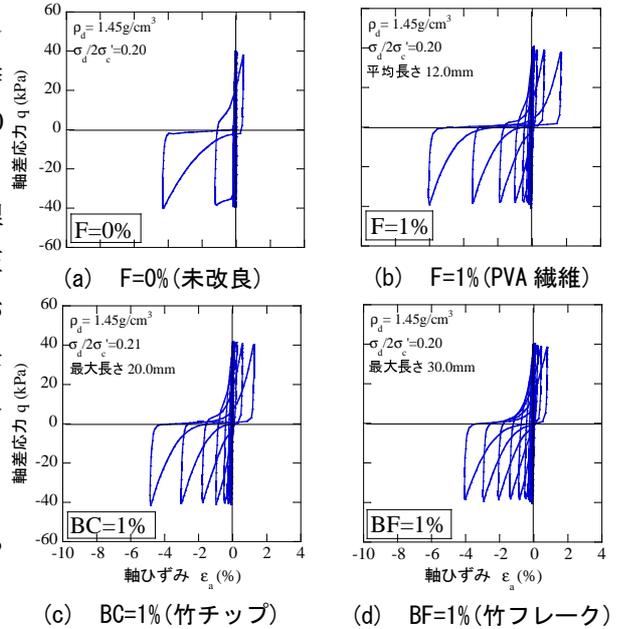


図-2 応力ひずみ関係

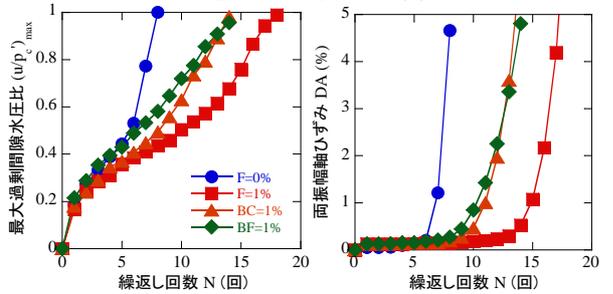


図-3 最大過剰間隙水圧比と繰返し回数の関係

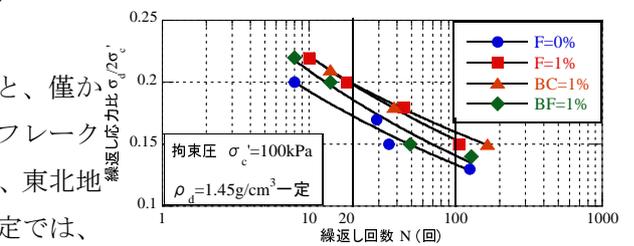


図-5 液状化強度曲線

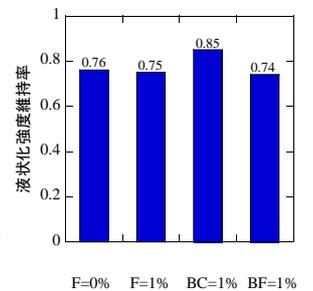


図-6 液状化強度維持率