古紙繊維を用いた砂地盤の液状化抑制効果に関する実験的検討

琉球大学　学生会員　○宮城　圭汰
(株) リアライズ　駒津　慎
琉球大学　正会員　松原　仁

1. はじめに

液状化現象は，地震時に発生する主な災害のひとつとして知られており，過去の液状化被害は数多く存在する．1964 年に発生した新潟地震における液状化現象の発生を機に，わが国において液状化対策に関する研究が積極的に行われてきた．本地震以降，複雑な地盤環境に合わせた液状化工法が数多く発見されてきたなか，中道ら[1)] によって，繊維補強材によって液状化が抑制されることが見出された．しかしながら，化学合成物質によって生成された繊維材が自然環境へ与える効果については考慮されておらず，また，他の繊維材を用いた液状化抑制効果についても，十分な議論がなされていない現状がある．

このような背景を踏まえて，本研究では，自然由来のセルロースを主成分とする古紙繊維に着目した．具体的には，古紙繊維を繊維補強材として用い，砂地盤の液状化抑制現象に与える効果について検討するため，古紙繊維混合実験体の模型振動実験装置，SEM 観察による，古紙繊維と砂粒子の微細構造評価を行った．

2. 古紙繊維混合実験体の模型振動実験

2.1 模型振動システム

本研究では，図-1 に示すような，模型振動実験システムを用いて模型実験体を振動させ，発生する過剰間隙水圧と実験体の沈下量を計測した．本システムは，以下の手順に従って構築した．

(1) 幅 25cm，高さ 25cm，奥行き 16cm のガラス容器に水を投入する．
(2) 実験試料を 25 cm の高さから容器内に漏斗を用いて落下させる．
(3) 地下水位と地表面が一致するように液状化層を作成した後，不透水槽モデルを設置する．
(4) 不透水槽上に，地上構造物を模擬した 1 つ 800 g の錘を 4 つ配置する．

また，本システムでは，ガラス容器の底面中央に超小型過剰間隙水圧計，振動台に振動加速度計を設置しており，データロガーによって計測データを集積し，

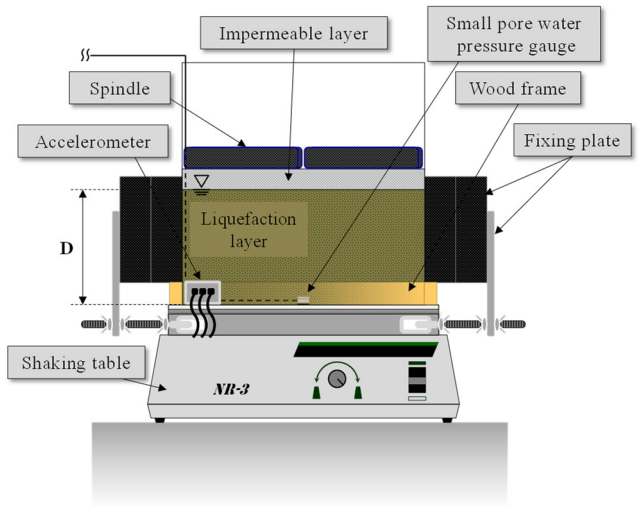

図-1 模型振動実験システム模式図

(a)標準砂　(b)古紙繊維

図-2 実験試料

PC によってモニタリングすることが可能となっている．そのため，振動時に発生する過剰間隙水圧および振動加速度をリアルタイムで計測することができる．また，実験体の沈下量に関しては，デジタルカメラを用いて実験時の様子を撮影しているため，撮影された画像を元に，画像解析ソフトを用いて計測した．

2.2 実験試料及び実験条件

図-2 に本研究で用いた実験試料を示す．同図(b)に示すように，本研究で用いた古紙繊維は，回収された古紙の破砕工程において，破砕機内の残留物として収集されたものであり，綿状のような様相を呈している．また，砂試料に関しては，液状化発生の可能性が非常に高い，豊浦標準砂を用いた．

本実験では，標準砂のみの試料と，標準砂に古紙繊維を 3%混合させた実験供試体を，層厚 6cm，9cm，12cm と変化させ，それぞれ 3 回ずつ振動実験を実施した．また，振動実験の振動加速度を，約 1000 gal と

連絡先　〒903-0123　西原町千原 1 番地　琉球大学大学院理工学研究科環境工学専攻　E-mail:e178490@eve.u-ryukyu.ac.jp
キーワード　液状化現象，古紙繊維，過剰間隙水圧

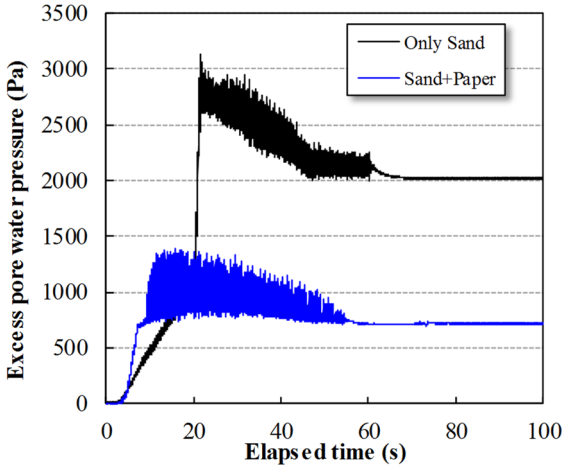

図-3 過剰間隙水圧の経時的推移

一定に定めて 1 分間振動させた．振動終了後における過剰間隙水圧の推移も観察するため，振動後 40 秒間は過剰間隙水圧の計測を継続した．

2.3 実験結果

図-3 に代表例として，層厚 9cm の実験時に発生した過剰間隙水圧の経時的な推移を示す．標準砂のみの試料は，振動開始から約 20 秒で液状化現象が発生し，過剰間隙水圧の最大値が約 3000 Pa まで達し，その後緩やかに低下していき一定の値に収束する結果となった．古紙繊維混合試料は，約 10 秒で液状化現象が発生したものの，その過剰間隙水圧の最大値は，標準砂のみの試料の約半分である，1500Pa となった．また，図-4 に示すように，標準砂のみの試料は液状化層厚の増加に伴い沈下量も増加するが，古紙繊維混合試料は，徐々に一定値に収束するような傾向を示すことが分かった．

3. 考察

実験結果から，液状化発生の要因となる過剰間隙水圧の発生が，古紙繊維によって抑制されたことが考えられ，これが，砂地盤の微細構造の変化に起因するものと考えられた．そこで，本研究では，古紙繊維と砂粒子が形成する微細構造を，走査型電子顕微鏡 SEM を用いて観察した．図-5 に，古紙繊維混合試料の SEM 画像の結果を示す．観察結果より，混合試料の微細構造は，古紙繊維が砂粒子にクモの巣状に絡みつき，粒子を取り囲むような様相を呈していることがわかる．したがって，この構造が，過剰間隙水圧の低下に関わっていることが考えられる．すなわち，実験体内部では，負のダイレイタンシーによる体積収縮に起因して発生した過剰間隙水圧が，砂粒子間

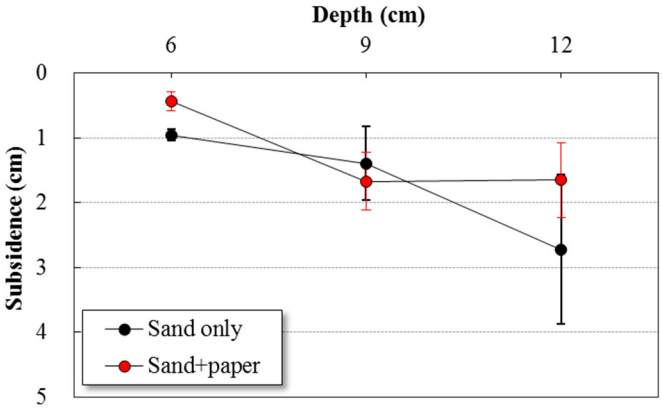

図-4 実験体沈下量

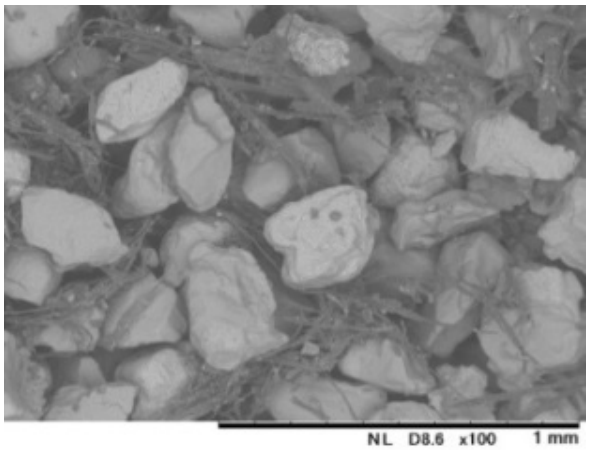

図-5 SEM 観察の結果

に存在する古紙繊維によって圧力解放が促されることが考えられた．一方，沈下量に関しては，古紙繊維混合試料が標準砂のみの試料と比較するとわずかではあるが，低下し，一定の値に収束することが分かった．しかしながら，完全には抑制することができていないため，今後，古紙繊維の含有量の増加などの，更なる改良が必要であると考える．

4. 結論

以下に本研究で得られた知見を示す．

(1) 古紙繊維が振動時に発生する過剰間隙水圧を抑制していることが分かった．また，模型実験体層厚の増加に伴い沈下量が徐々に収束することが分かった．

(2) 砂粒子と古紙繊維が絡み合う微細構造は，過剰間隙水圧の圧力抑制を助長し，過剰間隙水圧を抑制する効果が発揮すると考えられた．

参考文献 1) 中道美穂，佐藤研一，藤川拓朗，古賀千佳嗣：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. 155-160，2013-12.