

## 低改良地盤材料の液状化強度予測手法の検討

福岡大学大学院 学生会員 ○山本 航司

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 東日本大震災で発生した液状化被害の状況から現状の液状化強度評価法の延長線上で捉えるのではなく、新たな概念に基づく液状化被害の予測・対策技術の開発が必要不可欠である<sup>1)</sup>。現状の液状化の予測判定の1つにFL法がある。この予測手法は、繰返し三軸試験より求める液状化強度が必要となる。一方、港湾部埋立地を中心に事前混合処理工法<sup>2)</sup>のようにセメント添加量が少ない低改良の液状化対策が行われている。地盤改良され経時的に固化が生じる地盤材料は、一般的な室内繰返し三軸試験装置では載荷能力の関係から容易に液状化強度を求めることが難しくなる。そこで、著者らは低改良地盤材料の液状化強度を簡易的に測定ができるコーン指数より液状化強度の把握手法の検討を進めている<sup>3)</sup>。本報告では、砂質材料をセメント改良し、若齢材の液状化強度から固化安定後の強度判定ができる予測手法の検討を行った結果について報告する。

## 2. 実験概要

2-1 実験試料及び供試体製作方法 本研究で用いた土試料はまさ土を用いた。固化材として、広く用いられる普通ポルトランドセメントを用いた。図-1にまさ土の物理特性、粒径加積曲線と外観を示す。固化材添加の影響としてまさ土にセメントを固化材とし、添加率  $C=0.5, 0.7, 1.0, 2.0\%$  (まさ土の乾燥質量に対し) の低改良率にて実施した。実験条件を表-1に示す。各実験の供試体の作製は、 $w=10\%$  に調整し、所定のモールド内にダンピング法(5層)で突き固めて行った。供試体の養生は、温度  $20^{\circ}\text{C}$  一定の気中にて3, 7, 14, 28日とした。ここで、供試体が自立していない場合については1日凍結させたものを使用した。

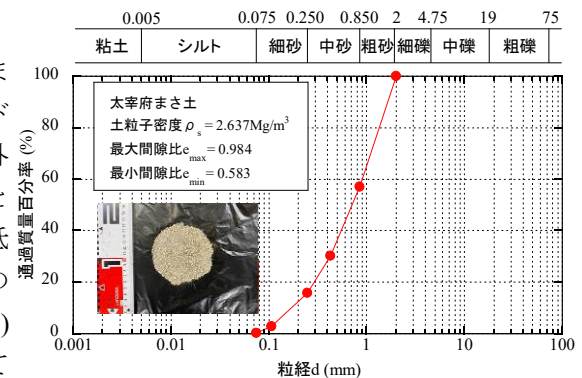


図-1 物理特性及び粒径加積曲線  
表-1 実験条件

土試料	相対密度 $D_r(\%)$	目標乾燥密度 $\rho_d(\text{Mg/m}^3)$	設定含水比 $w(\%)$	セメント添加率 $C(\%)$	養生日数 $t(\text{day})$
まさ土	60	1.513	10	0	3
				0.5	7
				0.7	14
				1.0	28
				2.0	

## 2-2 実験方法

1) 繰返し三軸試験 供試体(直径 7.5cm, 高さ 15cm)は、2-1に説明した方法で作製した。非排水繰返し三軸試験は、載荷速度

$0.1\text{Hz}$  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、各供試体の液状化強度比  $R_L$  は、繰返し回数  $N=20$  回に対応する繰返し応力振幅比  $\sigma_d/2\sigma'_0$  としている。全条件において間隙水圧係数  $B$  値は  $0.96$  以上を確認し、十分な飽和状態で検討を行った。

2) コーン貫入実験 各条件で3個ずつ供試体(直径 10cm, 高さ 12cm)を2-1に説明した方法で作製した。コーン貫入試験は、先端底面積が  $3.24\text{cm}^2$  のコーンペネトロメーターを用い、貫入量が  $5\text{cm} \cdot 7.5\text{cm} \cdot 10\text{cm}$  の時の貫入抵抗値を測定した。測定した貫入抵抗値よりコーン指数  $q_c$  を求めて、平均値より評価を行った。

## 3. 実験結果及び考察

## 3-1 セメント改良を施した砂の繰返しせん断特性

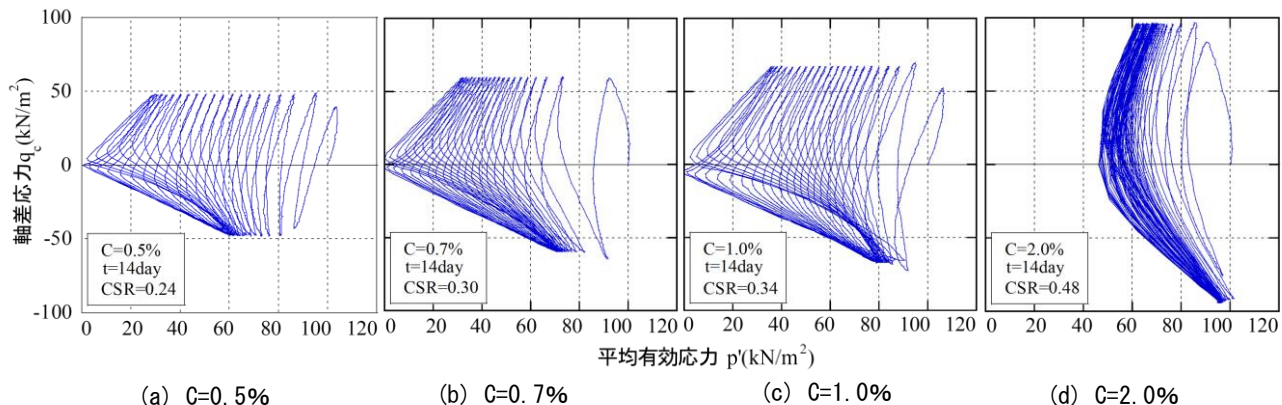


図-2 有効応力経路図

キーワード 液状化判定, 非排水繰返し三軸圧縮試験, コーン貫入試験

連絡先 〒814-0180 福岡市城南區七隈八丁目 19 番 1 号 TEL 092-871-6631(内線 6481)

図 2(a)～(d)にセメント添加率  $C=0.5, 0.7, 1.0, 2.0\%$ の養生 14 日経過時における有効応力経路図を示す.セメント添加量の増加に伴い, 固化効果が生じ, 繰返しせん断抵抗性が増加していることが確認できる. また,  $C=0.5\sim 1.0\%$ の場合, 養生 14 日であっても過剰間隙水圧の上昇が見られ, 液状化に至っていることが分かる. 一方,  $C=2.0\%$ の場合では, 繰返し三軸試験装置の繰返し载荷能力の限界である  $CSR=0.48$ の繰返し载荷においても供試体の養生固化により液状化に至っていない.次に, 図-3, 4に  $C=1.0\%$ の条件における養生日数経過の違いによる繰返し回数と過剰間隙水圧および両端幅軸ひずみの関係を示す.  $C=1.0\%$ の供試体は, 養生日数の経過にともないセメント添加による固化効果が生じ, 過剰間隙水圧が 1.0 に到達し液状化に至る繰返し回数が増加し, 両振幅軸ひずみの発生量が緩慢になっていることが確認できる.

**3-2 セメント改良を施した砂の液状化強度** 図-5にセメント添加率  $C=1.0\%$ における液状化強度曲線 ( $DA=5\%$ )を示す.養生日数にともない液状化強度が増加していることが確認できる.また, 図-6にセメント添加率  $C=0, 0.5, 0.7, 1.0\%$ における養生日数 28 日の液状化強度曲線 ( $DA=5\%$ )を示す.液状化強度は, セメント添加にともない増加しており, セメント改良による固化効果の発現を確認できる.特に,  $C=0.5\%$ の低改良率であっても固化効果の発現による液状化強度が増加しており,  $C=0.7, 1.0\%$ では, 液状化強度がさらに増加していることが分かる.しかしながら, 今回  $C=2.0\%$ では, 試験装置の载荷能力の限界により液状化強度曲線を求めることが出来なかった.

**3-3 コーン貫入試験を用いた液状化予測手法の検討** 上記したように, 固化材の増加により液状化判定が難しくなるため, コーン指数を用いて液状化強度の推定の検討を行った. 図-7に養生日数に対するコーン指数の関係を示し, 図-8に養生 28 日までの条件におけるコーン指数と液状化強度の関係をまとめた. コーン指数の増加に伴い液状化強度が増加している.  $C=1.0\%$ 以下の低改良条件下においてコーン指数と液状化強度は良い相関性があることが分かる.

**4. まとめ** 1)セメント添加によって改良された試料は, 養生にともない固化により液状化抵抗は増加するが, セメント添加量が増加すると実験装置の载荷限界から液状化強度の十分な評価が行えないことが示された. 2)改良土の強度評価を簡易に行うことが可能なコーン貫入試験を用いて, 低改良地盤材料を若齢材の液状化強度から固化安定後の強度判定液状化強度を評価する可能性が示唆された.

【参考文献】

- 1) 風間基樹ら:本大震災の液状化被害に見る液状化研究の課題, 日本地震工学会論文集, 第 15 巻, 第 7 号(特集号), 2015.2)リサイクル促進&リニューアルを実現する地盤改良技術, 事前混合処理工法, PREM 工法, <http://www.prem-gr.com/index.html>,
- 3) 國生剛治:砂の液状化強度とコーン貫入抵抗の関係における有効拘束圧の影響, 40 回土木学会関東支部技術研究発表会,

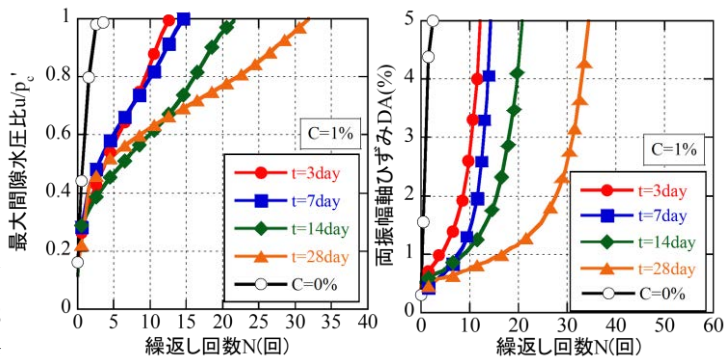


図-3 繰返し回数と過剰間隙水圧の関係 図-4 繰返し回数と両端幅軸ひずみの関係

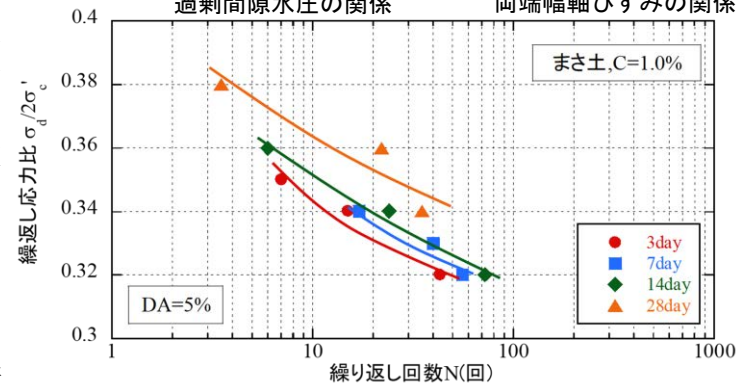


図-5 セメント添加  $C=1.0\%$ における液状化強度曲線

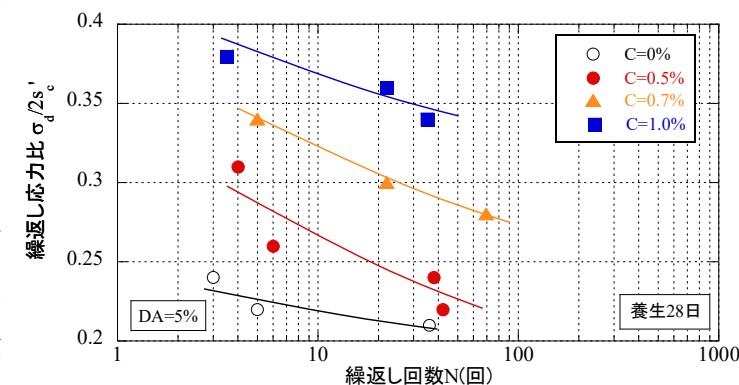


図-6 セメント添加率ごとの液状化強度曲線の比較

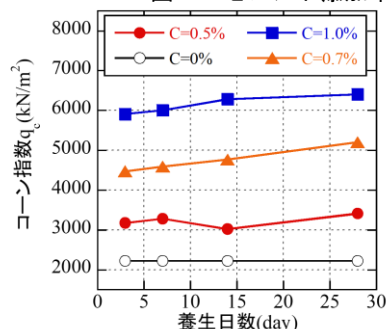


図-7 養生日数に対するコーン指数の関係

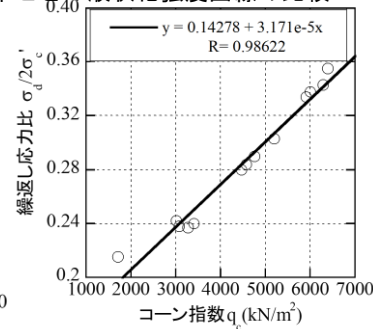


図-8 コーン指数と液状化強度の関係