

自硬性を有する地盤材料の液状化強度予測手法の検討

福岡大学工学部 学生会員 山本 航司 椿 貴裕
 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 地震国である日本は、多くの液状化被害を受けている。今後も大規模地震が近い将来に発生する可能性があり、液状化による大きな被害を未然に防ぐために、地盤改良等の対策を行う必要がある。地盤改良工法では、セメント系の固化材を用いたものが一般的であり、経時的に固化をしていく改良地盤の液状化強度を評価する必要がある。しかしながら、繰返し三軸試験装置の載荷能力の関係から、固化が進むと液状化強度を求めることが難しくなる。そこで、簡易的に測定ができるコーン試験より液状化強度の把握し、コーン指数より液状化強度の把握手法を行っている¹⁾²⁾。本研究では、セメント固化材添加量と養生日数を変化させた繰返し三軸試験とコーン試験の結果を用いて地盤改良された地盤材料の液状化強度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 実験試料及び供試体製作方法 本研究で用いた土質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と粒径加積曲線を示す。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 $C=0.5, 1.0, 2.0\%$ (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°C 一定の気中にて 3, 7, 14, 28 日とした。ここで、養生後、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。

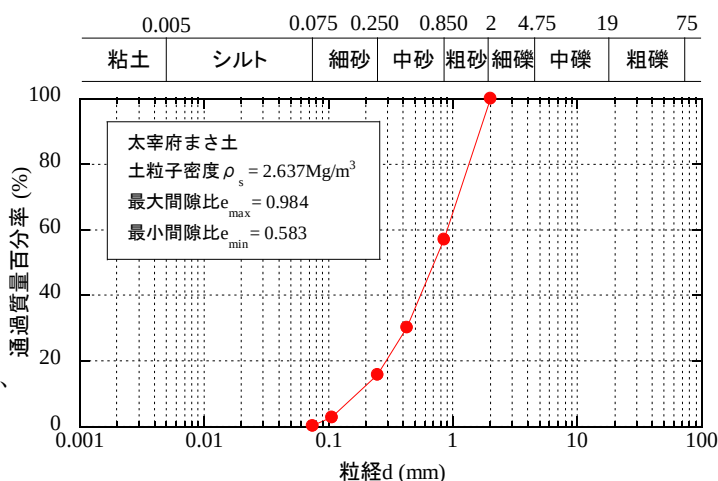


図-1 物理特性及び粒径加積曲線

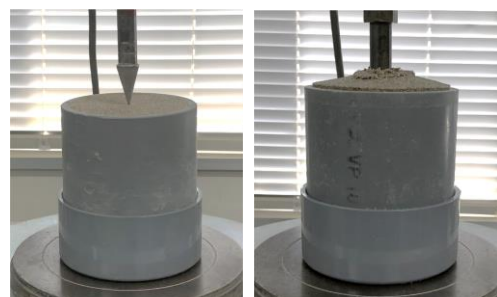
2-2 実験方法

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 0.1Hz 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 写真-1(a), (b)にコーン貫入試験の外観を示す。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 3.24cm^2 のコーンを用い、コーン貫入量が $5\text{cm} \cdot 7.5\text{cm} \cdot 10\text{cm}$ 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。

表-1 実験条件

土質材料	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
				1.0	14
				2.0	28



(a) 試験前 (b) 試験後

写真-1 コーン貫入試験の外観

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(a)～(c)にセメント固化材添加率 $C=0.5, 1.0, 2.0\%$ の3に条件、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と養生日数の経過に伴い、セメントによる固化効果が生じ、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、固化材添加率 $C=0.5\%$ 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載荷能力の限界である $CSR=0.48$ の繰返し載荷においても液状化に至っていないことが分かる。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、図-4に繰返し回数と両端幅軸ひずみの関係を示す。セメント添加 $C=1.0\%$ 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=0, 0.5, 1.0%における養生日数14日の液状化強度曲線を示す。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=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、C=2.0%では、試験装置の载荷能力の限界により、液状化判定が困難であり、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 図-6にC=0, 0.5, 1.0, 2.0%における養生日数に対するコーン指数の関係を示す。固化効果の発現により養生日数にともないコーン指数も増加していることが分かる。そこで、コーン指数を用いて、液状化強度の推定を行うために、図-7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示す。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、養生にともなう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) 改良土の強度評価が簡易に行うことができるコーン指数を用いて、セメント改良土の液状化強度を評価する可能性が示唆された。

【参考文献】1) 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, p.24, 2013. 2) 古賀洋平: 細粒分を含む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関係, 中央大学大学院修士論文概要集, pp.1-4, 2013.

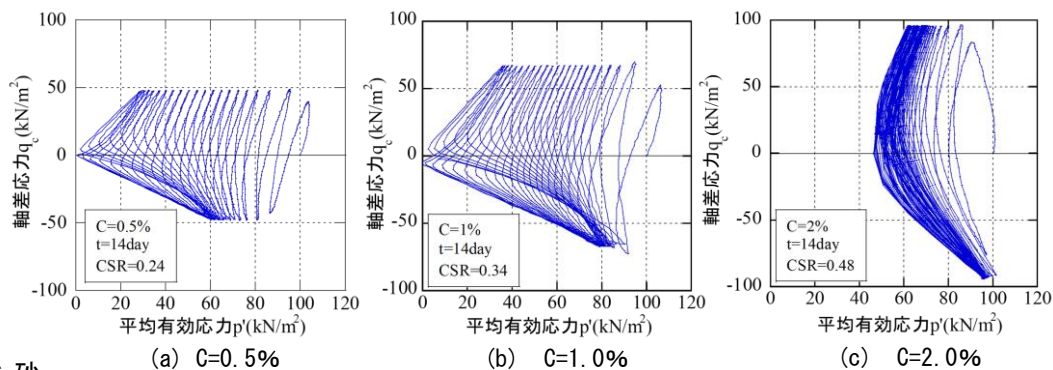


図-2 有効応力経路図

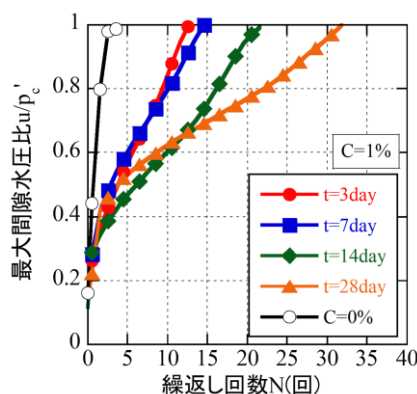


図-3 繰返し回数と過剰間隙水圧の関係

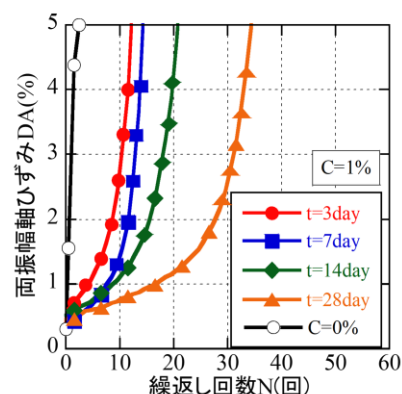


図-4 繰返し回数と両端幅軸ひずみの関係

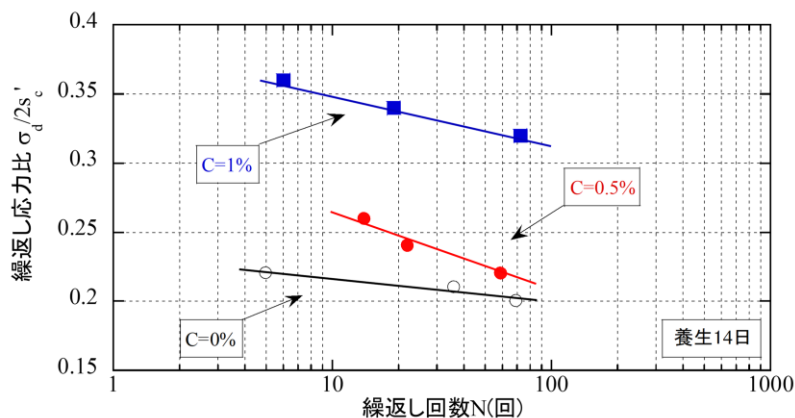


図-5 セメント添加率ごとの液状化強度曲線の比較

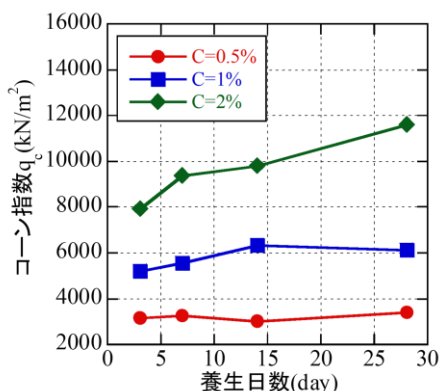


図-6 養生日数に対するコーン指数の関係

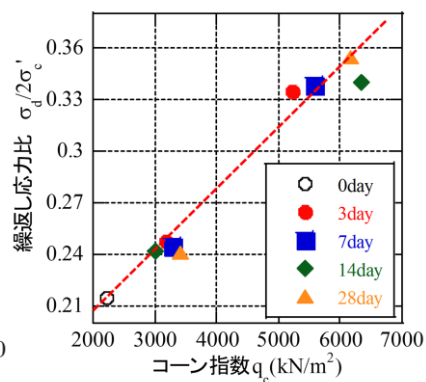


図-7 コーン指数と液状化強度の関係