

III - A97

消石灰混入量の違いに着目した豊浦標準砂の液状化特性

福岡大学 工学部 学生会員○下川 裕己 正会員 佐藤 研一 吉田 信夫  
西部ガス総合研究所 正会員 木下 貴夫

1. はじめに 1993年の釧路沖地震、北海道南西沖地震、また記憶に新しい平成7年1月に起こった兵庫県南部地震では、ガス導管等のライフラインは地震による液状化により、破壊や破損の影響を受け、火災などの2次災害を引き起こし、復旧作業の大きな障害となった。一方、一般のガス導管埋設工事は、掘削土を廃棄し、砂で埋戻す工法で施工されている。著者ら<sup>1)2)</sup>はこれまでに、環境保全、省資源の観点から、掘削土を適切に処理し(改良土)、埋戻し材料として再利用するための研究開発を行っている。また、埋戻し材料に消石灰を混入させた改良土を適用すれば地震時の液状化被害を防止できると考えられる。そこで、本研究では、改良土の液状化特性を把握することを最終目的とし、まずその前段階として、一般によく知られている豊浦標準砂を用い、消石灰混入が、非排水繰返しせん断特性に及ぼす影響について調べた結果について報告する。

2. 試験方法 実験には、室内試験として広く用いられている非排水繰返し三軸試験装置を用いた。実験試料には、豊浦標準砂を用い、供試体の作成法としては、消石灰混入の影響を調べるために水中落下法<sup>3)</sup>を用い、目標乾燥単位体積重量 $\gamma_d=14.5\text{kN/m}^3$ の供試体(直径約7.5cm、高さ約15cm)を作成した。消石灰混入量(以下、Cとする)は、

C=0,3,5%で行った。背圧98kPaを加え間隙圧係数B値が0.96以上であることを確認した後、所定の有効拘束圧( $p_c=98\text{kPa}$ )で等方圧密を行った。圧密時間は1時間で、消石灰を混入した場合は、12時間とした。その後、非排水条件下で、実験条件に示す繰返し応力比により一定両振幅の正弦波の繰返し荷重を圧縮側から供試体に加え、両振幅軸ひずみDAが10%に達するとせん断を終了させた。実験中のデータサンプリングはパソコンで行い、一周周期60点のデータを収集している。

3. 実験結果及び考察

図-1に繰返し応力比 $\tau/p_c=0.13$ における豊浦標準砂におけるC=0、5%における繰返し回数と軸差

応力、軸ひずみ、過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。C=0、5%のそれぞれの図を比較すると、軸ひずみが所定のひずみ量に達し、液状化に至るまでの繰返し回数を比較すると、C=5%の方が過剰間隙水圧の発生に遅れ

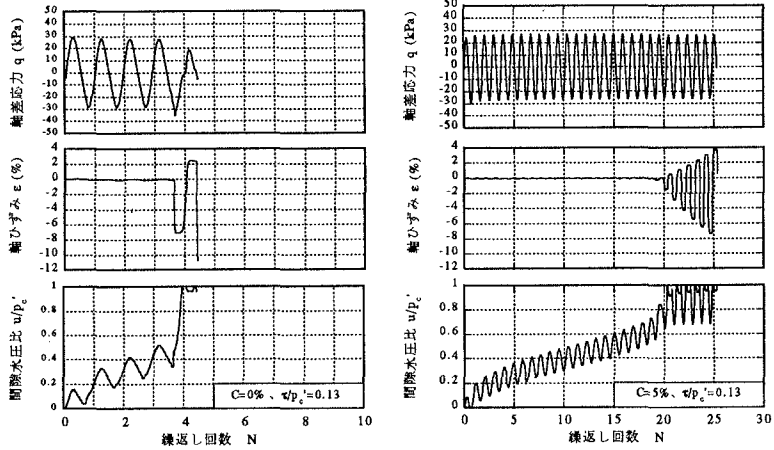


図-1 時刻歴

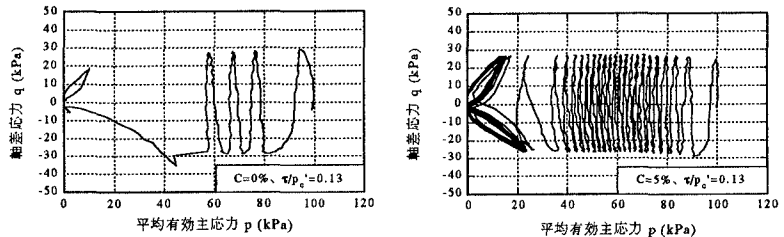


図-2 有効応力経路図

キーワード：液状化、消石灰混入量、繰返し三軸、豊浦標準砂

連絡先：〒814-01 福岡市城南区七隈8-19-1 TEL (092) 871-6631- (6481)

を生じ、それに伴うせん断ひずみの発生過程に明らかに消石灰混入による影響が表われていることが確認できる。

図-2に繰返し応力比  $\tau/p'_c=0.13$  における豊浦標準砂における  $C=0, 5\%$  の有効応力径路図を示す。 $C=0\%$  の供試体は、有効応力の低下に伴い平均有効主応力が  $60\text{kPa}$  をすぎた付近で流動を起こして液状化に至っている。これに対して  $C=5\%$  の供試体は、有効応力が繰返し回数と共に低下し、流動を起こすことなく液状化に至っており、消石灰混入量の影響は液状化に至るまでの繰返し回数に影響が表われていることがわかる。この消石灰による液状化強度の増加は他の応力比についても確認された。

図-3、図-4に  $\tau/p'_c=0.13$  における繰返し回数  $N$  に対する最大間隙水圧比  $(u/p'_c)_{\max}$  と両振幅軸ひずみ  $DA(\%)$  の関係をそれぞれ示す。図-3において消石灰混入により、繰返し回数  $N$  に対する  $(u/p'_c)_{\max}$  の発生が抑制されている。また、 $C=0\%$  の供試体は  $(u/p'_c)_{\max}$  が、 $0.4$  を越えた辺りから流動に伴う急激な水圧の上昇が見られるのに対して、 $C=3, 5\%$  の供試体においては  $(u/p'_c)_{\max}$  が  $0.7$  程度まで徐々に過剰間隙水圧の蓄積が見られ、その後液状化に至っている。また、図-4の両振幅軸ひずみ  $DA(\%)$  は、 $C=0\%$  の供試体は  $N=3$  回付近から急激に増加しているのに対して、 $C=3, 5\%$  の供試体はそれぞれ  $N=8, 20$  回付近から急激に増加している。これらを、図-3の過剰間隙水圧比と対比させて考察すると  $C=0\%$  の供試体は  $0.4$  を越えた付近から急激に軸ひずみが増加しているのに対して  $C=3, 5\%$  の供試体は共に  $0.7$  を越える辺りまで軸ひずみの急激な増加を抑制している。これは、消石灰を混入することにより、砂粒子間の粘着力が強くなったためと推察される。

図-5に  $DA=5\%$  に達した時点の繰返し回数  $N$  と繰返し応力比  $\tau/p'_c$  の関係を示す。消石灰を混入することにより、液状化強度の増加は確認できるが、さほど大きな液状化強度の増加は見られなかった。この理由としては、目標乾燥単位体積重量  $\gamma_d=14.5\text{kN/m}^3$  と緩詰めであるということ、圧密時間が12時間と比較的短かったことなどが考えられる。

そこで図-6に繰返し回数  $N=20$  回における繰返し応力比  $\tau/p'_c$  と消石灰混入量の関係を示す。この図より消石灰混入量の増加と共に繰返し応力比がほぼ直線的に増加しており、消石灰混入量増加による液状化強度の増加が予測される。

4. あとがき 豊浦標準砂に消石灰を混入することにより、粘着力の増加による液状化強度の増加が確認された。今後は、乾燥単位体積重量  $\gamma_d$  の高い供試体についての影響、圧密時間の影響等を調べた後、改良土についても検討を進める予定である。最後に実験を実施するにあたり福岡大学卒論生の下井田貴史君(現、鹿児島県住宅供給公社)、橋本浩一君(現、福岡県)、松下繁樹君(現、日本道路公団)の協力を受けたことに謝意の意を表します。

(参考文献) 1) 木下他:改良土の路盤材への適用に関する研究、第30回土質工学研究発表会講演概要集、pp2067-2068、1995 2) 木下他:消石灰を混入した豊浦砂と埋戻し砂の非排水せん断特性、第31回地盤工学研究発表会講演概要集、pp711-712、1996 3) 下井田他:供試体作成法に着目した砂の液状化特性、平成8年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集、pp414-415、1997

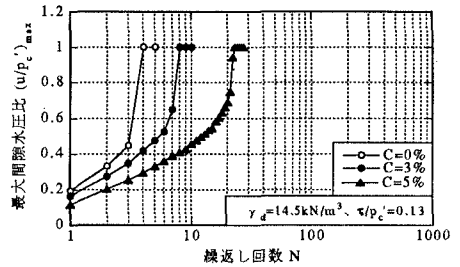


図-3 最大間隙水圧比-繰返し回数の関係

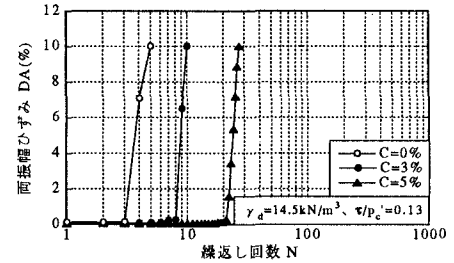


図-4 両振幅軸ひずみ-繰返し回数の関係

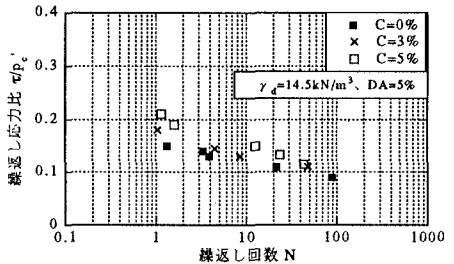


図-5 液状化強度曲線

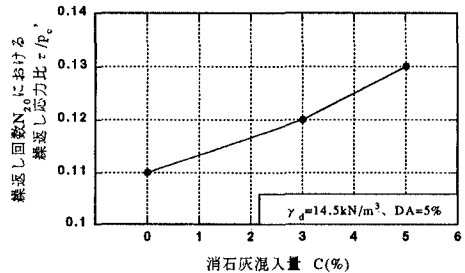


図-6 消石灰混入量と繰返し応力比  $\tau/p'_c$  の関係