

特殊シリカ改良砂の非排水三軸圧縮試験と内部構造の観察

京都大学大学院 学生会員 竹内 正之
 京都大学大学院 学生会員 調枝 哲也(現 千代田アドバンスソリューションズ(株))
 京都大学大学院 学生会員 Nguyen Quoc Huy(現 Vietnam Institute of Water Resource)
 京都大学大学院 正会員 肥後 陽介、木元 小百合
 京都大学大学院 フェロー会員 岡 二三生
 東亜建設工業(株) 正会員 大野 康年

1.研究の背景と目的

日本には構造物の基礎としては軟弱で不安定な地盤が多く、地盤改良は不可欠な技術となっている。そのため、改良された地盤材料の変形強度特性を把握することは重要な課題であり、多くの研究が行われている(例えば¹⁾²⁾³⁾)。本研究では、特殊シリカによって改良された砂に着目し、改良による変形強度特性の変化を詳細に研究するため、三軸圧縮試験と等方圧密試験、内部構造の観察、微視構造の観察を行った。

2.実験試料と手法

本研究では、熊本県八代港で採取された自然砂(以下八代砂)を対象とした。その物理特性は表-1の通りである。気中落下法により現地相対密度($D_r=50\%$)にあわせて再構成試料を作成し、50kPaの拘束圧を作用させた状態で薬液を注入し、その状態のまま28日間養生して固結させることで改良供試体を作成した。注入改良に用いた薬液は特殊シリカ系のクオリティシリカ(富士化学株式会社)であり、薬液濃度は6%とした。また、比較のために未改良のままの $D_r=50\%$ の再構成八代砂を用いた実験も行った。

表-1 八代砂の物理特性

s	e_{max}	e_{min}	D_{50}	Fc
2.69 (g/cm ³)	1.173	0.651	0.288 (mm)	13.4 (%)

実験内容は非排水条件下でひずみ制御(0.01%/min)方式の三軸圧縮試験、等方圧密試験、走査電子顕微鏡による微細構造の観察、 μ フォーカスX線CT装置による内部構造の観察である。三軸圧縮試験、等方圧密試験において背圧は200kPaとした。三軸圧縮試験では設定した有効拘束圧で、等方圧密試験では20kPaで等方圧密した後に、実験を開始した。三軸圧縮試験の実験条件は表-2に示す。

表-2 三軸圧縮試験条件

拘束圧 (kPa)	50	100	200	300
未改良八代砂				
改良八代砂				

3.実験結果

図-1に未改良八代砂、特殊シリカ改良八代砂の非排水三軸圧縮試験結果を示す。未改良砂、改良砂ともに拘束圧の増加に伴い、おなじ軸ひずみにおける軸差応力は増加している。また、同じ拘束圧で比べると改良砂の方が軸差応力は高くなっている。また、有効応力径路図をみると、改良により間隙水圧の発生が抑えられている事が明確に見て取れる。

また、図-1(b)で未改良、改良それぞれの有効応力径路図を示す。破壊応力比 M_f 変相応力比 M_m を読み取ると、特殊シリカによる改良の結果

M_f は1.49から1.55へと変化し、 M_m は1.10から1.30へと変化した。

図-2に等方圧密試験結果を示す。改良により、圧縮指数は0.0278から0.0387へ、膨潤指数は0.0060から

0.0071へ、降伏応力 p_c は

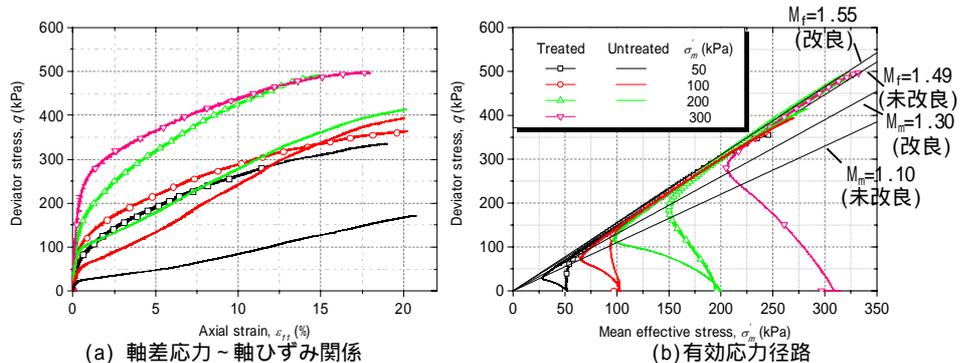


図-1 特殊シリカ改良前、改良後の非排水三軸圧縮試験

キーワード 特殊シリカ、改良砂、三軸圧縮試験、内部構造
 連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂4 C クラスターC1 棟 Tel: 075-383-3193

82kPaから185kPaへと変化したことが確認できた。ここで初期間隙比が異なるのは改良供試体には、間隙に薬液ゲルが存在するため、未改良供試体に比べやや密詰となっているためであり、土骨格のみでは全ケースで $D_r=50\%$ である

走査電子顕微鏡(SEM)を用いて改良前、改良後の供試体の表面を撮影したものを図-3に示す。改良前と改良後の比較を行うと、未改良で多く存在していた間隙が充填され、特殊シリカで土粒子が結合されている様子を明確に観察することができた。

X線CT装置を用いて、直径5cm高さ10cmの改良供試体の撮影箇所を図-4に、撮影画像を図-5に示す。局所的に大きな間隙が存在しており、供試体内部に疎密があることが確認できた。ただし、図-6に示すようにこの間隙は一見すると空隙のように見られるが実際にCT値を比較したところ、1100~1500程度と砂の部分(1500~2900)よりは低いものの、供試体外部の空気(-100以下)と比べると高いCT値であった事から、シリカ及び水で充填されていると考えられる。

4. 結論

特殊シリカによる改良では砂質土材料の強度の増加も見られ、間隙水圧の大幅な抑制が確認された。強度及び剛性の増加は小さかったが、間隙水圧の抑制、特殊シリカで間隙を埋めることにより、砂質土の液状化防止に大きな効果がある事がわかった。さらに、X線CTとSEMによる観察で特殊シリカが間隙を埋めている事が確認できた。今後はさらに実験データを蓄積していくと共に、SEMやX線CTを用いて三軸圧縮試験に伴う内部構造変化の可視化により、変形強度特性を明らかにしていく。

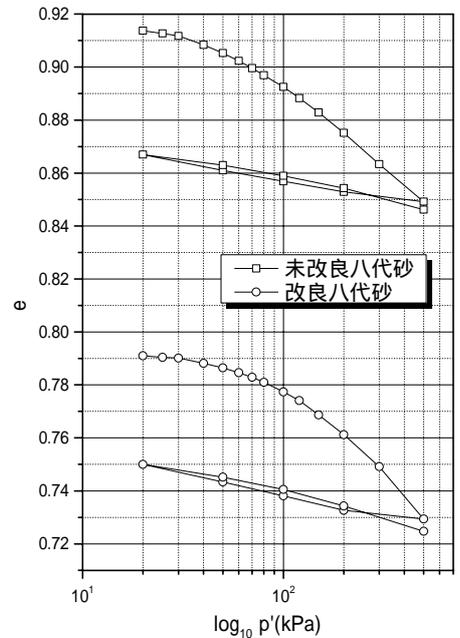


図-2 特殊シリカ改良前、改良後の等方圧密試験

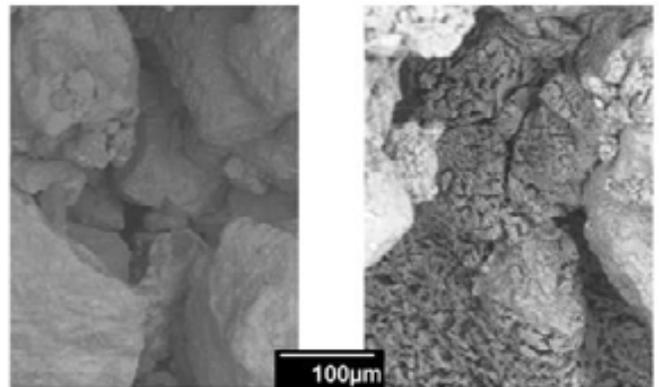


図-3 SEM画像 200倍(左 改良前、右 改良後)

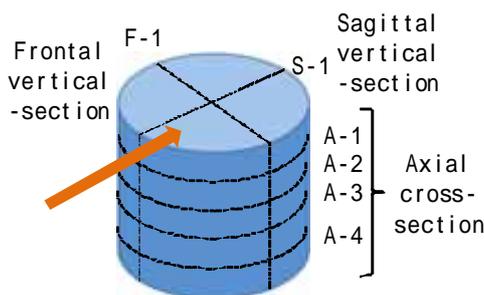


図-4 X線CT画像撮影箇所

参考文献

(1)岡二三生, 大野康年, 名越崇, 関口宏二: 定常浸透流下の浸透注入改良体の形成に関する室内実験, 第36回地盤工学研究発表会講演集, pp.1113-1114, 2001.
 (2)Kodaka, T., Oka, F., Ohno, Y., Takyu, T., Yamasaki, N.: Modeling of cyclic deformation and strength characteristics of silica treated sand, in *Geomechanics Testing, Modeling, and Simulation, Geotechnical Special Publication, 143*, ASCE, pp.205-216, 2005.
 (3)岡二三生, 小高猛司, 大野康年: コロイダルシリカのさんご混じり砂への適用性, 土木学会論文集C, 第64巻, 第3号, pp.571-584, 2008.

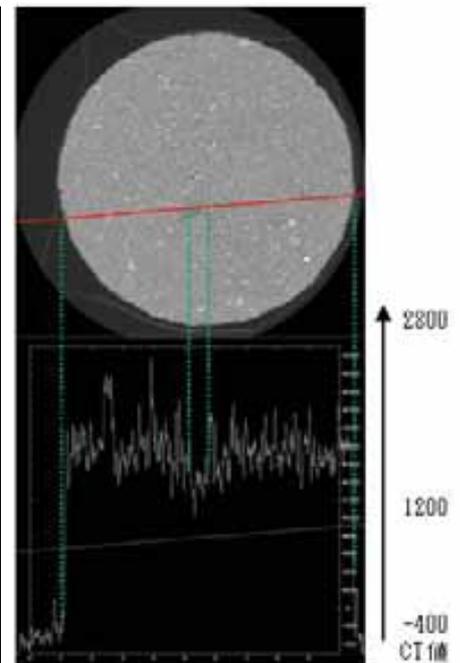
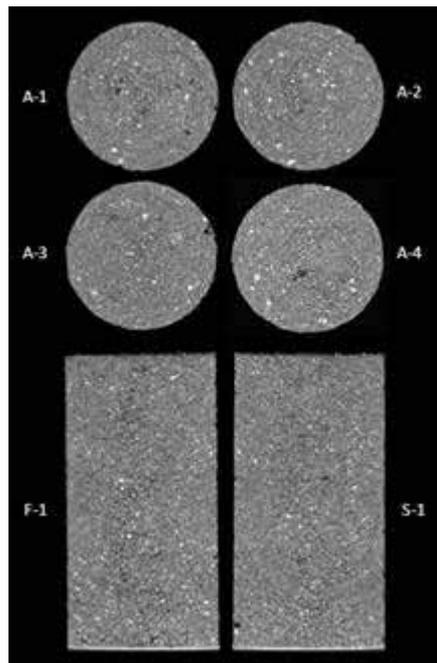


図-5 X線CT画像(特殊シリカ改良砂) 図-6 X線CT画像(A-4)とそのCT値分布