

浸透注入改良砂の排水三軸試験による改良効果の観察

京都大学大学院 フェロー会員 岡 二三生
 京都大学大学院 正会員 小高 猛司
 東亜建設工業(株) 正会員 大野 康年
 日本道路公団 正会員 高戸 順一
 京都大学大学院 学生会員 ○田久 勉・西松 範介

1. はじめに

地震による被害の代表的なものに液状化現象が挙げられる。その液状化対策の一つとして、薬液浸透注入固化による地盤改良がある。筆者らは、その際に用いられる薬液で豊浦砂を改良して作製した試料を用いて様々な実験を行い、液状化強度等を検討してきた¹⁾。本報では特に、圧密排水三軸圧縮試験あるいは排水クリープ試験に注目して、改良砂の基本的強度特性を検討する。

2. 用いた試料

比較のために用いた未改良(unimproved)砂供試体は、豊浦砂を相対密度 $D_r=40\%$ に詰めて作製した。改良(improved)砂供試体は、相対密度 $D_r=40\%$ の飽和状態の豊浦砂に、所定の軸圧を作用させ K_0 圧密状態で薬液を注入し改良したものをを用いた²⁾。この方法により原地盤における地盤形成から地盤改良に至る経過を、室内においてできる限り忠実に再現した。また注入材料にはパーマロックシリーズのシリカ濃度4%のものを用いており、これは水ガラスのアルカリをイオン交換によって除去して得られる純粋なシリカからなる特殊シリカ系のグラウト材である³⁾。

3. 実験方法

改良砂作製時の養生圧と同じ拘束圧(100, 200kPa)で等方圧密した後、排水条件でせん断を行った。圧密排水三軸圧縮試験においては、一定のひずみ速度(0.01, 0.5%/min)によりひずみ制御でせん断を行い、排水クリープ試験においては一定のひずみ速度(0.5%/min)でせん断し、ある軸差応力に達した時点で排水条件のままその応力を保った。

4. 実験結果

図1に排水三軸試験における軸差応力～軸ひずみ関係と体積ひずみ～軸ひずみ関係を示す。図には未改良豊浦砂と改良砂を同時に示してある。実験条件は軸ひずみ速度が0.5%/minで一定、有効拘束圧は100, 200kPaの2種類である。どのケースにおいても、せん断開始後少し圧縮した後、正のダイレイタンスによる膨張に転じている。この圧縮量や膨張量は豊浦砂より改良砂の方が大きい。また強度は明らかに改良砂の方が大きくなっており、明確なピークも見られる。これらの結果をもとに描いたモールの応力円を図2に示す。この図

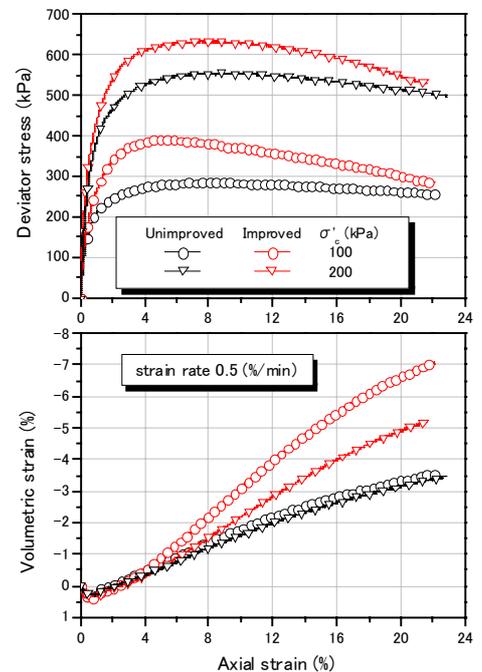


図1. 排水三軸試験結果

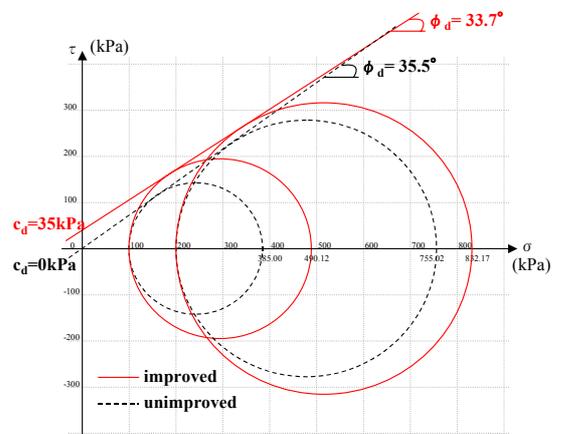


図2. モールの応力円による整理

Keywords: 地盤改良, 薬液注入, 排水三軸試験, 排水クリープ試験, ひずみ速度依存性
 連絡先 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL075-753-5085 FAX075-753-5086)

より、内部摩擦角はほとんど変わらないが、未改良砂では見られない、かなり大きい粘着力($c_d=35\text{kPa}$)が生じていることがわかる。

次に豊浦砂と改良砂について、有効拘束圧 100kPa において各ひずみ速度 ($0.01, 0.5\%/min$) の排水三軸試験結果を図 3 に示す。約 50 倍のひずみ速度の違いがあるにも拘わらず、豊浦砂ではほとんど差は生じていない。改良砂の軸ひずみ 5%以下のひずみ領域においては、ひずみ速度の速いものほどせん断強度が大きい。また、ダイレイタンシーに着目すると、ひずみ速度が遅いものほど同じ軸ひずみレベルにおいて膨張量が大きく、過圧密粘土のひずみ速度依存性挙動と非常に類似した傾向を示す。図 4 に小ひずみ領域における軸差応力～軸ひずみ関係を示す。ひずみ速度が速いものほどヤング率が大きい。以上の改良砂において観察されるひずみ速度依存性挙動は、砂粒子間隙中の薬液がゲル状に固結して新たな粘性を発揮しているためであると考えられる。

図 5 は排水クリープ試験における軸差応力～軸ひずみ関係と体積ひずみ～軸ひずみ関係である。この図にはクリープ応力を設定するために行った排水三軸試験の結果も示している。クリープ状態では軸差応力をほぼ一定のまま約 70 時間保ち、その後ひずみ速度 $0.5\%/min$ で排水せん断し、さらに軸ひずみが 7%に達した時点で軸圧縮を停止し応力緩和を行い、軸差応力の低下がほぼ一定に落ちついた時点で再びひずみ速度 $0.5\%/min$ で排水せん断を行った。一定軸差応力下のクリープ過程において軸ひずみは未改良豊浦砂で約 1.3%、改良砂で約 2.1%発生するが、そのほとんどはクリープ開始直後に発生している。クリープ過程終了後のせん断開始直後、豊浦砂の軸差応力は一度上側に飛び出すものの排水三軸試験の応力～ひずみ曲線にすぐ戻ってくる。一方改良砂は、クリープ後せん断開始直後に軸差応力が急増し、排水三軸試験の応力～ひずみ曲線よりもかなり上側に飛び出し、せん断に応じて元の応力～ひずみ曲線に上から漸近しつつも、最後まで完全には戻ってこない。この結果より、異方圧密状態下のクリープ過程中に、改良砂の強度がさらに増加したものと考えられる。

5. まとめ

特殊シリカで改良された砂質土の排水条件下での基礎的な変形・強度特性を検討した結果、改良により明らかな強度上昇が確認できた。また、改良により粘着力を有するようになり、速度依存性挙動を示すこと、あるいはクリープ中の異方応力状態下で一層の強度増加をすることが観察された。

【参考文献】

- 1) 高戸, 岡, 小高, 大野, 田久, 西松 : 浸透注入改良砂の液状化強度特性, 第 37 回地盤工学研究発表会講演集, 2002
- 2) 岡, 大野, 小高, 関口 : 一定拘束圧下の薬液浸透注入による安定化処理砂の供試体作製方法, 第 37 回地盤工学研究発表会講演集, 2002
- 3) 米倉, 島田 : 恒久グラウトー第 1 回恒久グラウトの恒久性のメカニズムー, 土木施工 Vol. 40 No. 7, 1999, pp. 99-106.

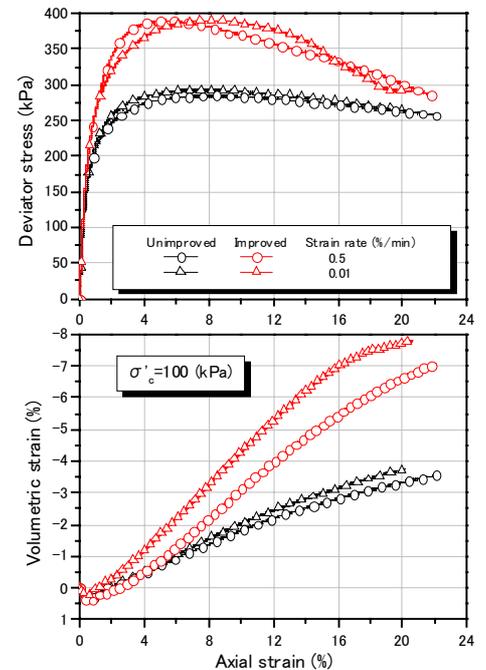


図 3. 改良砂のひずみ速度依存性挙動

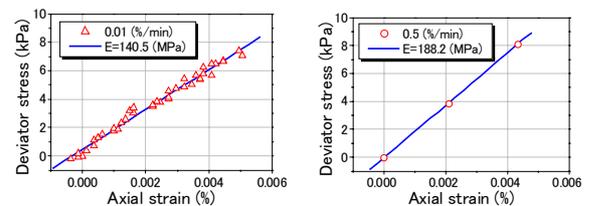


図 4. 小ひずみ領域でのヤング率

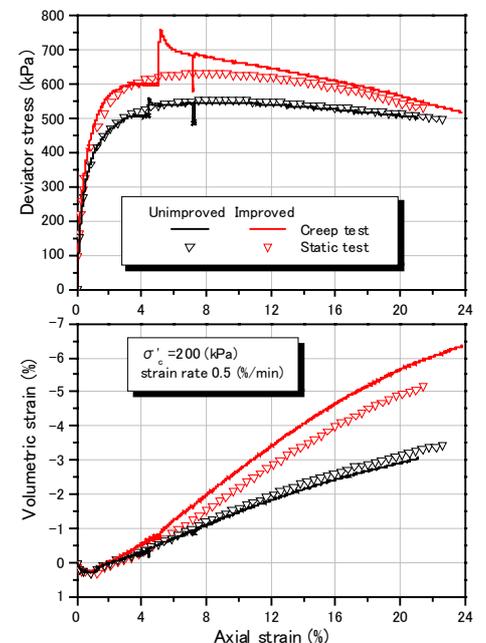


図 5. 排水クリープ試験