

微粒子化グラウト材を用いた液状化対策技術 — 現地注入実験結果その3 —

東亜建設工業(株) 正会員 ○長谷川 智直
鉄建建設(株) 正会員 杉村 昌則
太洋基礎工業(株) 正会員 水島 達宏
東亜建設工業(株) 正会員 大野 康年

1. はじめに

著者らは、微粒子化装置¹⁾を用いて微粒子化したセメントスラリーを注入材(以降、微粒子化グラウトと呼ぶ)とした液状化対策技術の開発に取り組んでいる。本稿では、前報^{2) 3)}に引き続き、微粒子化グラウトの現地注入実験において、繰返し非排水三軸試験、動的変形試験(地盤材料の変形特性を求めるための三軸試験)を行い、微粒子化グラウトにより形成された改良体の液状化特性、動的変形特性について報告するものである。

2. 試験概要

微粒子化グラウトの改良体には、強度の高い中心部と相対的に低強度の外周部が存在する。²⁾ 試験に使用した試料は、現地注入実験の改良体外周部(水セメント比 1000%) から採取した。

繰返し非排水三軸試験は、背圧を 200 kN/m²、有効拘束圧を 50kN/m²とし飽和・等方圧密した後、数種類の繰返し応力比、軸ひずみ速度 0.5%/min で、非排水条件のもと載荷して土の液状化強度を求めた。動的変形試験は、背圧を 200 kN/m²、軸方向圧密応力と側方向圧密応力を 50kN/m²とし、飽和・等方圧密した後、非排水条件のもと載荷して、動的変形特性を求めた。表-1 に試験条件を示す。

3. 実験結果

(1) 繰返し三軸試験結果(液状化特性)

図-2 に現地未改良砂と微粒子化グラウト改良砂の繰返し三軸試験における、有効応力経路、応力-ひずみ関係、過剰間隙水圧比を示す。未改良砂では、ひずみの発生が最初はゆっくりであるが、平均有効応力が 20 kN/m²程度から急激に変形が進行し、液状化に至っていることがわかる。一方、改良砂では、初期のサイクルである程度ひずみが進行し、その後は載荷回数を繰返ししていくにつれ、徐々

表-1 試験条件

試験名	条件	未改良砂	改良砂
土の繰返し非排水三軸試験(液状化試験)	背 圧	kN/m ² 200	200
	圧密応力	kN/m ² 50	50
	有効拘束圧	kN/m ² 50	50
	ひずみ速度	%/min 0.5	0.5
	載荷周波数	Hz 0.1	0.1
地盤材料の変形特性を求めるための三軸試験(動的変形試験)	載荷波形	正弦波	正弦波
	背 圧	kN/m ² 200	200
	軸方向圧密応力	kN/m ² 50	50
	側方向圧密応力	kN/m ² 50	50
	載荷周波数	Hz 0.2	0.2
	載荷波形	正弦波	正弦波

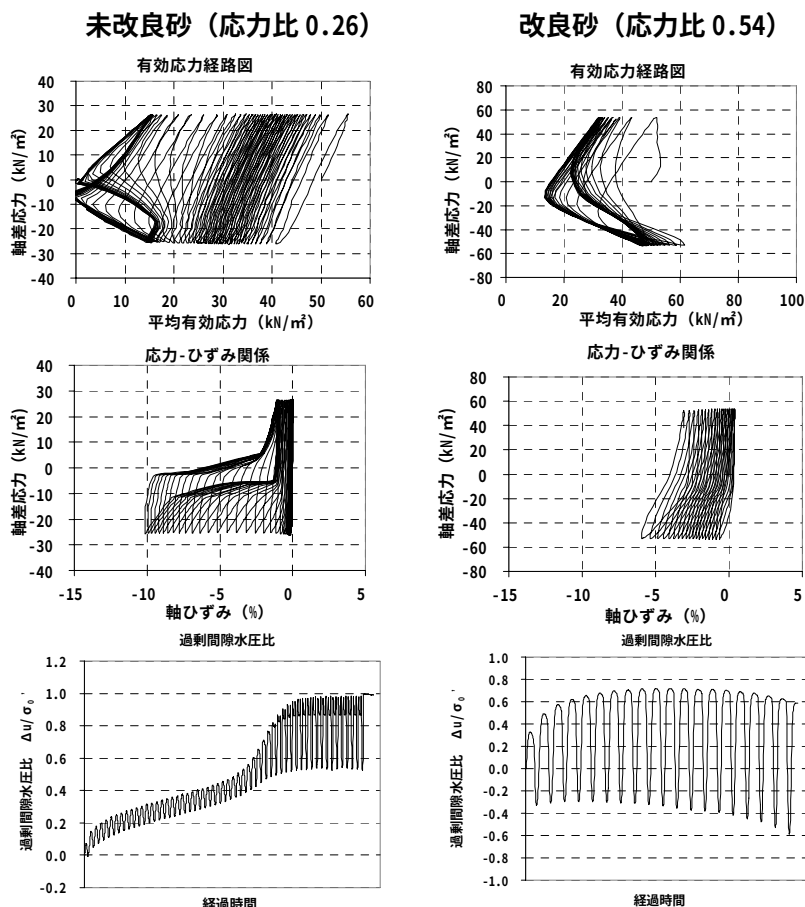


図-2 繰返し三軸試験結果

キーワード 微粒子化グラウト, 繰返し載荷試験, 液状化特性, 変形特性

連絡先 〒102-8451 東京都千代田区四番町 5 東亜建設工業(株) 防災事業室 TEL 03 (3230) 2419

にひずみが収束するが、有効応力はゼロにならない。また、改良砂では初期載荷時に有効応力減少後、有効応力の顕著な増加が見られ、密な砂と同様に、せん断に対して体積膨張しようとする性質（正のダイレイタンス）を有することがわかる。

応力－ひずみ関係、過剰間隙水圧比を比較すると、未改良砂では載荷回数が増えるとともに、過剰間隙水圧とひずみが増加し、液状化に至る。一方、改良砂では、過剰間隙水圧比は0.7程度であり1.0まで達しない。また、ひずみは、繰返し回数の増加につれて、密詰め砂と同様に徐々に増加する。これは、微粒子化グラウトを浸透注入することにより、土粒子に微粒子化グラウトが付着し、土粒子間を結合することで、改良砂に粘着力が付加されたためと考えられる。

図－3 に5.0%軸ひずみの両振幅における、繰返し回数と応力比の関係を示す。改良砂の液状化強度 $R_{20L, 5\%}$ （20回の繰返し荷重によって軸ひずみの両振幅が5.0%に達するような繰返し応力振幅比）が、0.51に対して、未改良砂では0.28となっており、改良砂の液状化強度比 $R_{20L, 5\%}$ は、未改良砂の約2.0倍程度大きくくなっている。

(2) 動的変形試験結果（変形特性）

動的変形試験では、11回の繰返し載荷を行い、その5,10回目のサイクルから求めた等価せん断剛性率と履歴減衰率をプロットした。図－4 に動的変形試験結果を示す。改良により片振幅せん断ひずみが0.1%までは、等価せん断剛性率が上昇し、剛性が大きくなっているのがわかる。履歴減衰率は、すべてのひずみレベルで、あまり大きな差は見られない。

4. まとめ

微粒子化グラウトを地盤に浸透注入した改良体の液状化特性、変形特性について検討するため、繰返し非排水三軸試験および動的変形試験を実施した。その結果、以下のことが明らかになった。

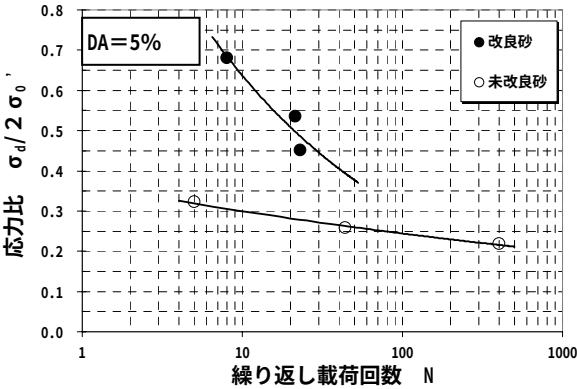
- (1) 液状化強度は、未改良砂に比べ約2.0倍となった。
- (2) 改良砂は非排水繰返し載荷によって有効応力がゼロに至らず、正のダイレイタンスを有する。
- (3) 過剰間隙水圧の急激な増加はなく、過剰間隙水圧比は1.0に達しない。
- (4) 動的強度も増加し、特に初期剛性が大きく上昇する。

本実験により、微粒子化グラウト材を用いた地盤改良は、液状化対策として有効であることがわかった。今後は、本技術の設計・施工法を確立する予定である。

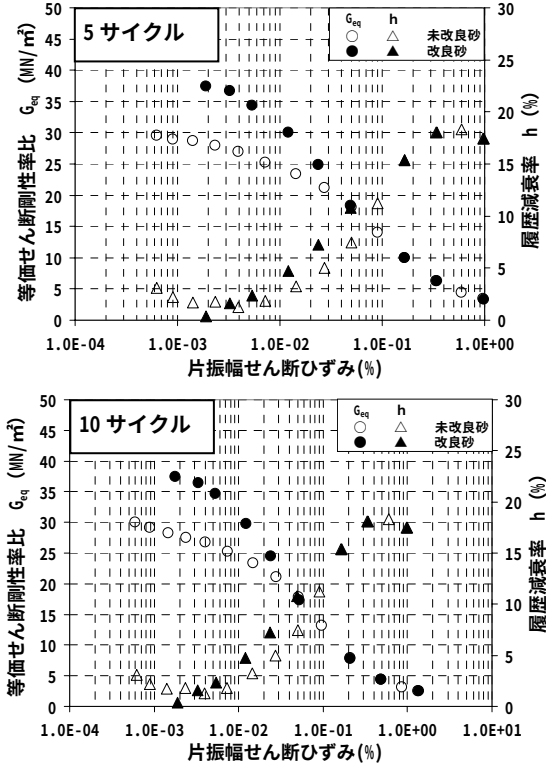
なお、本研究は、チダエンジニアリング(株)、(株)浅沼組、大洋基礎工業(株)、鉄建建設(株)、東亜建設工業(株)、東洋建設(株)の共同研究で行ったものである。

<参考文献>

1) 水島他：微粒子化グラウト材を用いた液状化対策技術－セメント微粒子化装置の開発－，土木学会第62回年次学術講演会，2007。 2) 水島他：微粒子化グラウト材を用いた液状化対策技術－現地注入実験結果その1－，土木学会第63回年次学術講演会，2008。（投稿中） 3) 杉村他：微粒子化グラウト材を用いた液状化対策技術－現地注入実験その2－，土木学会第63回年次学術講演会，2008。（投稿中）



図－3 液状化強度曲線



図－4 動的変形試験結果