

可塑状ゲル圧送用ポンプシステムの開発（その2）-圧入試験-

強化土エンジニアリング(株)	正 会 員	○ 佐々木 隆光
	フェロー会員	島 田 俊 介
	非 会 員	田 井 智 大
東京都市大学	正 会 員	末 政 直 晃

1. はじめに

筆者らは軟弱地盤の締固め工法として「可塑状ゲル圧入工法（以下、TGC 工法）」の研究開発を行っている^{1) 2)}。TGC 工法とは、低流動性の可塑状ゲルを静的に圧入することにより、地盤を締固め、地盤の支持力増加、液状化防止が期待される工法である。なお、TGC 工法を想定した模型実験の結果³⁾、一度圧入したゲルを引戻し、再度圧入する繰返し圧入（押戻運転）は、同一の圧入量において高い締固め効果を発揮する結果が得られている。そこで、本研究では、押戻運転が可能なポンプの開発と土槽圧入試験を実施したので報告をする。

2. 試験条件

図-1 は本試験に用いた大型モールドであり、直径 1.40m、高さ 1.45m である。本装置は、試料の上部および側部から拘束圧をかけることにより実地盤を模擬できる構造となっている。模型地盤は、圧入外管を所定の位置に設置したあと、気乾状態の試料を緩く堆積させて、鉛直応力が 45kN/m^2 となるように K_0 状態にて圧密を行った。なお、試料は山砂と硅砂 3 号を 1:3 の割合で混合したものであり、その粒径加積曲線を図-2 に示す。

実験に使用した注入外管は内径 50mm の塩ビ管でモールド底部から 430mm と 830mm の位置に圧入口を設け、それぞれの箇所には 300mm のゴムメンブレンで被覆を行った。また、圧入内管は外径 40mm のシングルパッカを用い、これを圧入外管に挿入して可塑状ゲルを模型地盤内に圧入した。

本実験に用いた可塑状ゲルは文献 4) に示した No.1 であり、試験時における測定項目は流量計による圧入速度、圧入内管の先端より 4m の位置に設置された圧力計による圧入圧力、上部載荷板に取り付けられた変位計による地表面変位量、圧入に伴う側圧の変化である。なお、圧入は 4L/min の圧入速度で行い、下段圧入口は連続運転にて圧入し、上段圧入口では 2×1 の押戻運転にて圧入を行った。なお、いずれの圧入口より行った圧入量は 30L である。また、事後調査として圧入より 1 日後にモールドを解体し、固結体の形状確認を行った。

3. 試験結果

図-3 に圧入速度と圧入圧力の経時変化を示す。計測より 5～13 分のデータは、下段圧入口にて連続運転により可塑状ゲルを模型地盤に圧入を行った際の圧入速度と圧入圧力であり、50～64 分におけるデータは、下段圧入口より圧入を行った後、圧入内管を引上げ、上段圧入口より押戻運転により圧入を行った時の計測値で

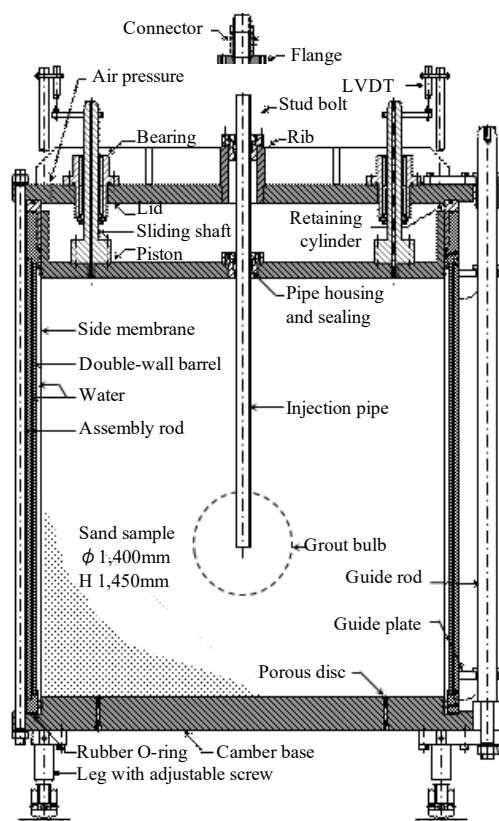


図-1 実験土槽

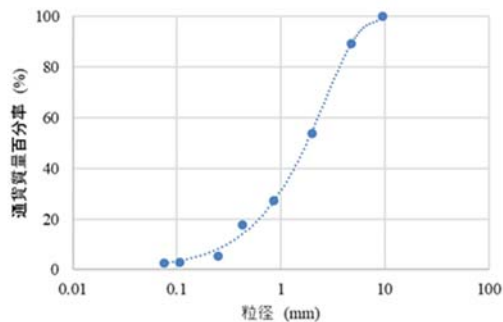


図-2 試料の粒径加積曲線

キーワード：可塑状ゲル ポンプシステム 圧入試験

連絡先：〒113-0033 東京都文京区本郷 3-15-1 TEL03-3815-1687 強化土エンジニアリング(株) 研究開発本部

ある。いずれの圧入口より行った圧入量は 30L であり、設定圧入速度は 4L/min であり、1 圧入口における施工時間は、連続運転では 8 分間、押戻運転では 14 分間となっている。連続運転では 4L/min の圧入速度にて安定的に圧入され、押戻運転における押戻転時では 4L/min、戻転時では 8~2L/min の圧入速度になっており、本システムの特徴である押戻運転が確認できた。

図-4 は地表面変位の経時変化である。連続運転では一度隆起が生じると、継続的に地表面は持上げる傾向にあり、圧入停止後は沈下する傾向を示した。一方、押戻運転では戻し時に地表面は沈下し、再度圧入すると隆起する傾向を示した。

図-5 は各圧入口における圧入量と圧入圧力、水平応力、地表面変位の関係である。圧入圧力に着目すると、連続運転にて圧入を行った下段圧入口は徐々に圧力が増加し、圧入量が 10L 以降では一定となる傾向を示した。一方、押戻運転にて圧入を行った上段圧入口では、初期の段階から高い圧入圧力となるが、徐々に低下し、下段圧入口と同程度の圧入圧力となる傾向が見られた。このように、上段圧入口において初期の段階から圧入圧力が高かった要因としては、下段圧入口より圧入が行われ、ある程度、地盤が締固められた状態から圧入が行われたためであると思われる。

次に、地表面変位に着目すると、連続運転では初期の段階では変位はほとんど見られなかったが、圧入圧力が一定となった圧入量 10L 以降に隆起が見られた。一方、押戻運転を行ったものは圧入圧力の傾向と同様に初期の段階から隆起が生じる傾向にあるが、押工程は隆起、戻工程では沈下する傾向が見られ、地盤の体積収縮が生じているものと思われる。ただし、戻工程における戻り量はワンストローク分の 5L に対し 2L 程度であった。このような結果となった要因としては、圧入口の直径が 10mm と小さかったことがあげられるが、圧入口径を大きくすることにより、戻り量は大きくなり、大きな体積収縮を生じさせ、地盤を有効に締固めることができることが想定される。

4. まとめ

可塑状ゲルを用いた土槽圧入試験により、拘束圧状態の地盤に可塑状ゲルを圧送し、地盤を締固めることができることを確認した。また、押戻運転機能を確認することができた。

5. おわりに

本稿および文献 4) の一連の試験は、一般財団法人土木研究センターの性能確認試験において実施されたものであり、本試験にご協力、ご指導いただいた各位に謝意を表する。

<参考文献> 1) Adel M. EL-Kelesh: Calibration Chamber Investigation into Performance of TGC Grouting, *Proceeding of The International Symposium on Is-Tokyo*, pp.1241-1248, 2009. 2) T. Sasaki: Influence of Vertical Pressure and Injection Type on Effects of Ground Improvement with Thixotropic Gel Compaction Method, *Proceeding of the 2014 International Offshore and Polar Engineering*, pp.560-567, 2014. 3) 西田千勇起: 静的締固め工法における繰返し圧入の効果に関する研究, 東京都市大学, 卒業論文, 2011. 4) 島田俊介: 可塑状ゲル圧送用ポンプシステムの開発 (その 1) -作動試験-, 土木学会, 第 74 回年次学術講演会, 投稿中, 2019.

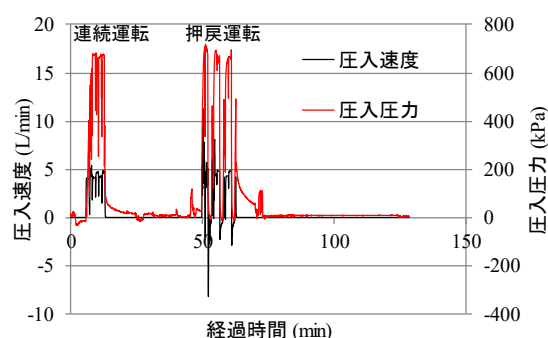


図-3 圧入速度・圧力の経時変化

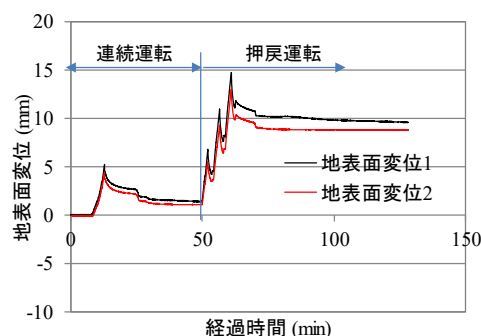
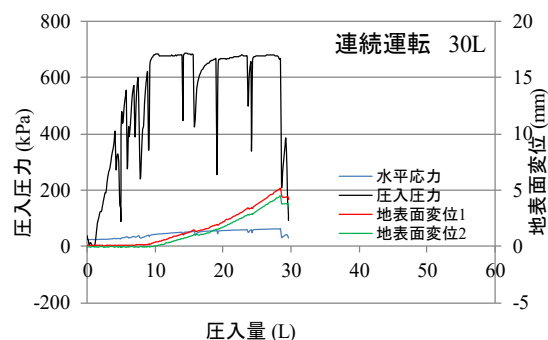
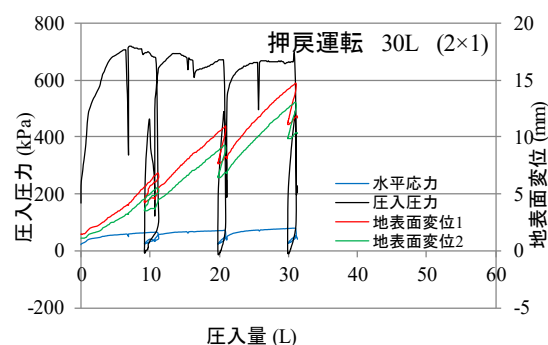


図-4 地表面の経時変位



(1) 連続運転



(2) 押戻運転

図-5 圧入量と圧力・変位・水平応力