

静的締固め工法におけるゲルの改良効果に関する模型実験 ～相対密度が及ぼす影響～

東京都市大学 学○土屋政人 正 末政直晃

強化土エンジニアリング(株) フェロー 島田俊介 正 小山忠雄 佐々木隆光

1. はじめに

地盤を改良する工法として、締固め工法が多く用いられている。しかし、締固め工法は大型の機械を用いることが多いため、振動・騒音等の影響により既設構造物直下やその周辺で用いることは困難とされている。本研究では、静的締固め工法の一つとして提案されている可塑状ゲル圧入工法¹⁾に着目した。これは、可塑状のゲルを静的に圧入することでゲル周辺の地盤を締固め、密度を増大させる工法である。また、従来使用されている薬液注入工法の設備を用いて施工できるため騒音や振動がなく、既設構造物直下においても施工可能である。既往の可塑状ゲル圧入実験において、実施で圧入した際の固結体は球状となっていることが確認されている¹⁾。しかし、可塑状ゲルを模擬したグリスを模型地盤に圧入した実験では、グリスの形状を球状にすることは困難であった²⁾。本報告は、遠心場においてゴム風船の中にグリスを注入し、相対密度が地盤内に与える影響を把握することを目的とした。

2. 実験概要

実験ケースは、相対密度 $Dr=60\%$ と相対密度 $Dr=30\%$ として、2 ケースの遠心模型実験を行った。なお、遠心加速度を $30g$ とし、 $6m$ の土被り厚を再現した。図-1 に、本実験に用いた実験装置の概要図を示す。なお、(a)は平面図、(b)は立面図、(c)は断面図である。実験装置は、土槽と注入装置で構成されている。土槽は、長軸 $39.5cm$ 、短軸 $19.7cm$ 、高さ $30cm$ の半楕円形状であり、グリスの圧入状況を調べるために前面にはアクリル板を取付けている。吐出口は土槽底面から $7.5cm$ の高さに設置し、注入装置からシンフレックスチューブを通して地盤内に圧入される仕組みとなっている。注入装置は、モーター、タンク、LVDT、スピードコントローラーで構成されており、定変位速度で注入することができる。本実験の測定項目は図-1 に示すように、地盤内の圧力計に関しては吐出口からの距離を変えて水平方向へ圧力計①($10cm$)と圧力計②($15cm$)、圧力計③($20cm$)を設置した。また、ゴム風船が最大まで膨らむ距離から半円状に $2cm$ 離れた位置に圧力計④と圧力

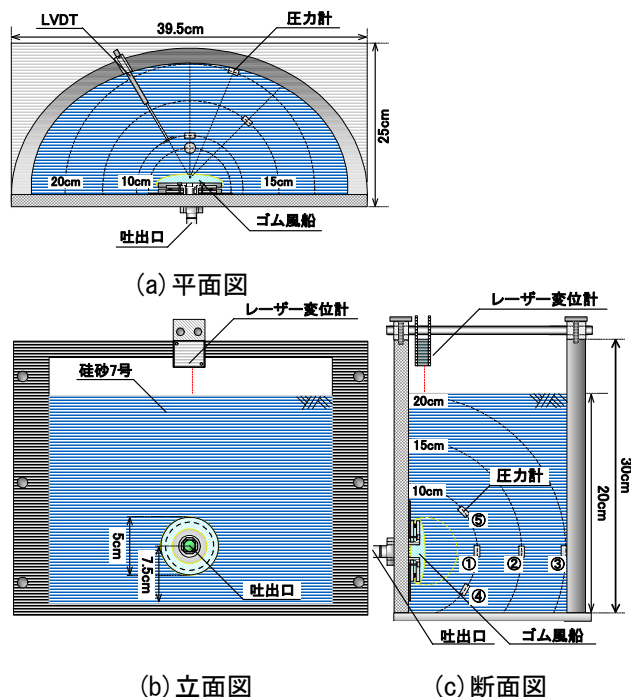


図-1 実験装置

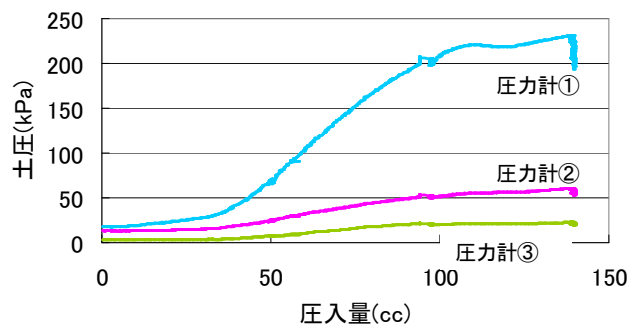


図-2 $Dr=60\%$ における圧入量－土圧

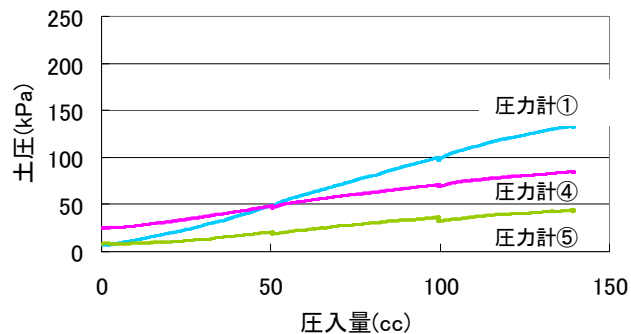


図-3 $Dr=30\%$ における圧入量－土圧

キーワード：地盤改良、静的締固め、模型実験

連絡先：東京都市大学 地盤環境工学研究室 TEL03-5707-2202

計⑤を設置した。地盤内の LVDT は、ゴム風船の圧入範囲を確認するために、吐出口から水平方向に 10cm 離れた位置に 1ヶ所設置し、地表面の変形状は、50cc 注入する毎にレーザー変位計を 1 測線スライドさせて計測した。

模型地盤は、試料に硅砂 7 号($\rho_s=2.640\text{g/cm}^3$ 、 $e_{\min}=1.006$ 、 $e_{\max}=1.604$ 、 $D_{60}=0.175$)を使用し、空中落下法により土被り厚が 20cm になるように作製した。グリスの注入速度を 8cc/min とし、140cc(約 18 分)風船内に注入した。なお、各ケースとも 50cc 圧入するごとに 3 分のインターバルを採る圧入方式を用いた。

3. 実験結果

図-2 と図-3 に、 $Dr=60\%$ と $Dr=30\%$ における圧入量と土圧の関係を示す。なお、ここでの土圧は、吐出口から水平方向に設置した圧力計①と圧力計②、圧力計③の結果である。図-2 においては、いずれの圧力計においてもグリスを 100cc 注入するまで上昇し続け、それ以降は一定の値に収束する傾向を示した。また、図-3 においては、いずれの圧力計においても 140cc 圧入しても上昇し続けることが確認できた。 $Dr=60\%$ と $Dr=30\%$ を比較すると、 $Dr=60\%$ の方が土圧は大きくなっている。これは、相対密度が影響していると考えられる。

図-4 に、圧入量と地盤内に設置した LVDT の関係を示す。いずれのケースにおいても、圧入量の増加により徐々に変位していく傾向を示した。各ケースにおける LVDT の変位開始時に着目すると、 $Dr=60\%$ では約 30cc 圧入した際に変位し始め、 $Dr=30\%$ では約 60cc 圧入した際に変位し始めた。これは、 $Dr=30\%$ の方が圧縮量や負のダイレイタンシー量が大きいためと考えられる。

図-5 に、圧入量—地表面隆起体積と圧入量—締固め効率の関係併せたものを示す。なお、締固め効率は圧入量と地表面隆起体積の差を圧入量で除した値と定義した。また、地表面隆起体積は、地表面上の吐出口直上部を半円の中心として、半径距離に対応する地表面隆起量を半円状に面積分することにより算出した。ただし、地表面隆起量には、レーザー変位計により計測された結果を用いた。これより、 $Dr=60\%$ における地表面隆起体積は約 50cc 圧入するまで沈下し、それ以降は顕著に隆起に転じる傾向を示した。締固め効率では約 100cc 圧入した際に約 100% となり、最適な締固め量になっていると考えられる。また、 $Dr=30\%$ における地表面隆起体積は約 100cc 圧入するまで沈下し続け、それ以降は徐々に隆起に転じる傾向を示した。これは、圧縮量やダイレイタンシー量の影響が寄与しているためと考える。よって、締固め効率では約 140cc 圧入した際に約 100% となることが確認でき、 $Dr=60\%$ より多く圧入できると考えられる。

4. まとめ

本実験ではゴム風船の中にグリスを注入し、遠心場において相対密度が地盤内に与える影響を把握することを目的とした。その結果、地盤内における土圧の変化や LVDT の変位、地表面隆起体積と締固め効果の算出から以下の知見を得た。

- i) $Dr=60\%$ と $Dr=30\%$ のケースを比較すると、土圧の変化では $Dr=60\%$ の方が大きくなる傾向を示した。しかし、本報告の実験結果から $Dr=30\%$ のケースにおいては、さらに圧入量を増やすことが可能であると推察できる。
- ii) 今後の実験においては、土被り厚の変化や飽和砂など地盤条件を変えて地盤内に与える影響を確認することで、締固めのメカニズムを明確にしていきたい。

<参考文献>

- 1) 島田ら：可塑性ゲル圧入工法の開発～塊状固結体の形成とその要因～、土木学会第 60 回年次学術講演会、p.p.551-552、2006.9
- 2) 土屋ら：静的締固め工法に関するゲルの圧入状況、第 5 回地盤工学会関東支部発表会、pp.278-279、2008.10

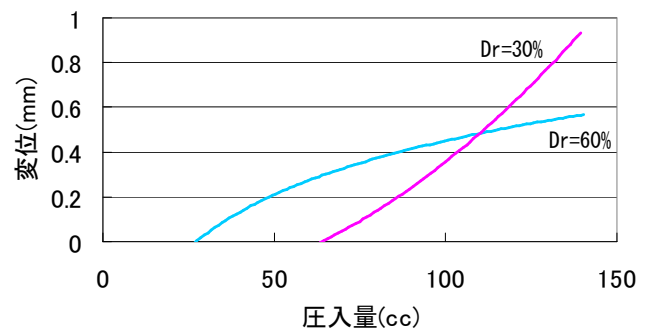


図-4 圧入量—LVDT

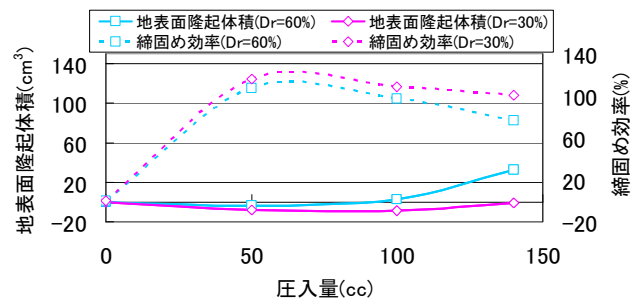


図-5 圧入量—地表面隆起体積
圧入量—締固め効率