

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

武蔵工業大学 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。しかし、この工法は地盤内に圧入されたときの地盤の締固め範囲や、締固め強度等が明確になっていない。本報告は、可塑状ゲルを模擬したグリスを地盤内に圧入し、相対密度 D_r が地盤の変形形状に与える影響を把握するとともに、効果的な締固め条件を検討するための知見を得ることを目的とするものである。

2. 実験概要

図-1 に本実験に用いた実験装置の概要図を、表-1 に実験ケースをそれぞれ示す。実験装置は、土槽と圧入装置で構成されている。土槽は、鉄製で長軸 49.2cm、短軸 25cm、高さ 50cm 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。グリスの吐出口を、土槽底面から 12.5cm に設置し、グリスの圧入圧を計測するために、圧力計を設置した(①)。また、地盤内の土圧を計測するために、吐出口付近に圧力計を設置し(②、③)、吐出口から半径方向に 15、20cm の位置に圧力計を 2 ヶ所設置した(④、⑤)。また、レーザー変位計をスライドさせることにより放射状に 5 測線で地表面の変形やグリス圧入時の地盤の変形形状(50cc 圧入毎)を計測した。圧入装置は、モーター、タンク、変位計、スピードコントローラーで構成されており、スピードコントローラーを操作することにより、注入速度を変えることができる。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、表-1 に示す相対密度 D_r になるように空中落下法により土被り厚が 42.5cm となる模型地盤を作製した。なお、Case3 においては、土槽底面から 17.5cm までの相対密度 D_r を 60%、それ以降を 30%として 2 層の模型地盤を作製した。地盤内の変位は、アクリル面上に 1cm ピッチで格子状に設置したターゲットにより確認した。圧入実験では、注入速度を 8cc/min とし、グリスを 140cc(約 18 分)圧入した。なお、グリスを 50cc 圧入するごとに 10min のインターバルを採る圧入方式を用い、地盤の変形形状は、グリスを 10cc 圧入するごとに写真を撮影することで確認した。

3. 実験結果

図-2 に、圧入量-地表面体積と圧入量-締固め量の関係を併せたものを示す。なお、締固め量はグリスの圧入量と地表面体積の差と定義し、地表面体積は、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 5 測線の内、測定誤差の小さい 3 側線の結果の平均値を用いた。これより、Case1 でグリスを 50cc 圧入した際には地表面体積は 6.7cm^3 上昇したため、締固め量は 43.3cm^3 となり、グリスの圧入量の 87%が締固めに利用されたといえる。その後、グリスを 100cc 及び 140cc 圧入した際には、この締固め効率はそれぞれ 83%、77%となり、圧入量の増加に伴って地盤の隆起の影響により

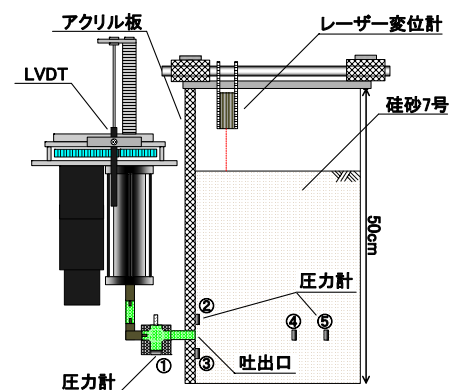


図-1 実験装置

表-1 実験ケース

	相対密度 D_r
Case1	60%
Case2	30%
Case3	下段60%、上段30%

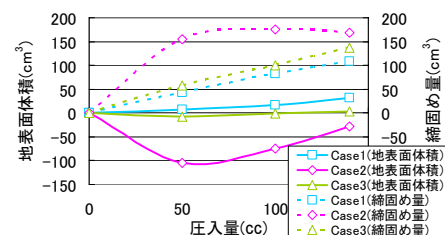


図-2 圧入量-地表面体積と

圧入量-締固め

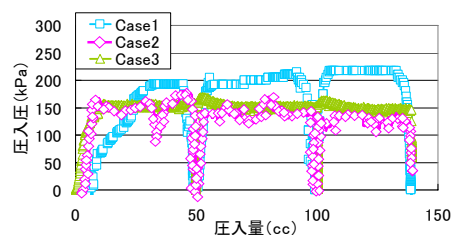


図-3 圧入量-圧入圧

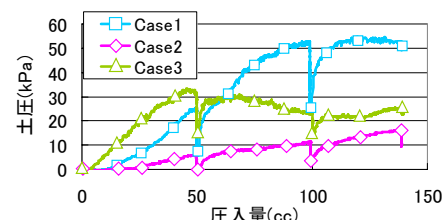


図-4 圧入量-土圧

キーワード：地盤改良、静的締固め、模型実験

連絡先：武蔵工業大学 都市基盤工学科 地盤環境工学研究室 TEL03-5707-2202

締固め効率が減少したことが分かる。Case2 ではグリスを 50cc 圧入することにより地表面体積が 105.3cm^3 減少したため、締固め量は 155.29cm^3 となり、締固め効率が 311% となった。Case1 と比較すると、グリスを 50cc 圧入した時点で 3.5 倍以上の高い効率を示した。これは Case2 の相対密度 D_r が Case1 よりも低いため、圧縮量や負のダイレイタンス量が大きいことによると考えられる。その後、地表面体積は徐々に隆起に転じたため、締固め効率は 100cc 圧入時には 50cc 圧入時のおよそ半分の 175.4% となり、140cc 圧入時には 120% となった。Case3 では、グリスを 50cc 圧入することにより地表面体積が 7.4cm^3 減少したため、締固め量は 57.4cm^3 となり、締固め効率が 115% となった。その後、グリスを 100cc 及び 140cc 圧入した際の締固め効率はそれぞれ 101%、98% となった。いずれのケースにおいても、圧入量の増加に伴って締固め効果が低減する傾向を示した。これより、締固め領域を考慮しないならば、静的圧入には締固め効率を最大にする圧入量が存在することを窺わせる。なお、静的圧入による締固め領域の特定や締固めのメカニズムを把握するためには、今後締固め量の空間分布を調べる必要がある。

図-3 に、圧入量-圧入圧の関係を示す。いずれのケースにおいても、グリスを圧入し始めてから圧入圧は顕著に上昇していき、Case1 では約 200kPa に達した際に一定値に収束する傾向を示した。また、Case2、3 では約 150kPa に達した際に一定値に収束する傾向を示した。グリスを 50cc、100cc、140cc 圧入した時点で圧入圧が急激に減少したのは、50cc 圧入するごとに 10min のインターバルを設ける圧入方式を採用したことが原因であると考えられる。なお、以下に示す圧力計の変化も同様の原因と考えられる。

図-4 に圧入量-土圧の関係を示す。なお、ここでの土圧は図-1 に示す吐出口上部に設置した圧力計(2)である。Case1 ではグリスが圧入されてから徐々に上昇し、グリスを 140cc 圧入した時点で約 52kPa となった。Case2 でも、Case1 と同様の変化が確認でき、140cc 圧入した時点で土圧は約 16kPa となった。Case3 では、グリスを 50cc 圧入するまでは上昇する傾向を示し、土圧は約 32kPa になった。その後、グリスを 100cc 圧入するまで下降して土圧は約 22kPa となり、それ以降土圧は再び上昇する傾向を示した。このような変動が起きたのは、2 層の模型地盤にしたため、グリスを 50cc 圧入するまでは相対密度 D_r が 60% の部分に主に圧入され、それ以降は相対密度 D_r が 30% の部分に主に圧入されたことが原因と考えられる。グリスを 140cc 圧入した時点で Case1 と Case2、3 を比較すると、土圧の大きさに違いが見られる。これは相対密度 D_r が異なるため、Case2 と 3 はグリスを 140cc 圧入した際でも締固められている状態であり、さらに圧入した場合、土圧は上昇すると考えられる。しかし、図-2 で示したように、グリスを 50cc 圧入してからは締固め効果が低減していくと考えられるため、140cc 以上圧入した場合での土圧の上昇は、微小になることが予想される。

写真-1 に Case1、写真-2 に Case2 におけるグリスを 140cc 圧入した際の地盤の変形形状をそれぞれ示す。Case1 では、吐出口を中心にターゲットが放射状に移動し、地表面に近づくほど左方向に移動する傾向を示した。これは、空中落下法により作製した模型地盤が、不均一になっていることが原因であると考えられる。Case2 では、ターゲットが Case1 と同じような移動を示したが、Case1 と比較するとターゲットが下方にも移動していることがわかる。これは、相対密度 D_r が Case1 より低いため、下方にも締固め作用が働いたためと考えられる。

表-2 に実験後のグリスの寸法を示す。Case1 は、圧入初期は側圧より上載圧の方が大きいため幅の長い長方形のような形状になり、Case2 は楕円形状になっていることが確認できた。Case3 は、2 層の模型地盤にしたため、相対密度 D_r が 60% の部分にはあまり圧入されずに 30% の部分に主に圧入されたことで、台形のような形状になった。

4. まとめ

静的締固め工法の一つである可塑状ゲル圧入工法に着目し、相対密度 D_r が、グリスの圧入状況や地表面に与える影響を検討するため、グリスを模型地盤に圧入した。その結果、いずれのケースにおいてもグリスを 50cc 圧入以降は、圧入量の増加に伴って締固め効果が低減する傾向を示した。そのため、静的圧入には締固め効率を最大にする圧入量が存在することが分かった。

<参考文献>1) 小山忠雄・島田俊介・佐々木隆光・常田賢一：可塑状ゲル圧入工法における圧入方式の違いが及ぼす影響、第 42 回地盤工学研究発表会、p.p.865-866、2007.7

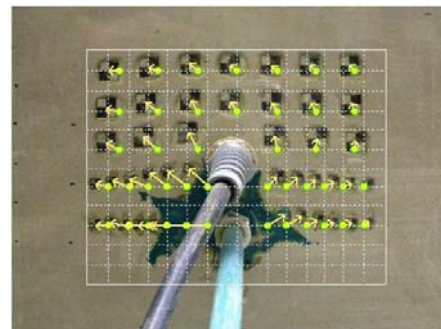


写真-1 Case1 における地盤の変形形状

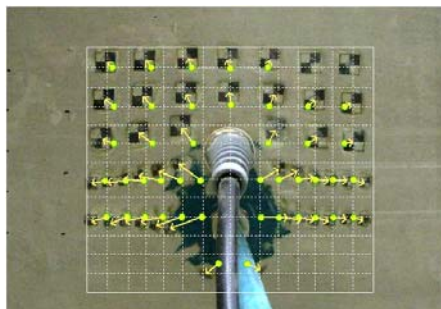


写真-2 Case2 における地盤の変形形状

表-2 実験後のグリスの寸法

	高さ	水平方向の長さ	幅
Case1	10cm	5cm	13cm
Case2	10cm	4.5cm	9cm
Case3	9cm	5.5cm	10cm