

可塑状ゲル圧入工法による締固め効果に関する大型土槽実験

強化土エンジニアリング㈱

正会員

○小山 忠雄

佐々木隆光

フェロー会員

島田 俊介

電源開発㈱

正会員

井筒 庸雄

栗崎夏代子

大阪大学

正会員

常田 賢一

Adel M.El-Kelesh

ジャテック㈱

正会員

木嶋 正

1. はじめに

従来、軟弱地盤対策として密度増大工法や攪拌混合工法、地下水位低下工法などの地盤改良工法が採用されており、近年では液状化防止対策としてこれらを採用するケースが増加している。しかし、液状化対策が必要とされる対象地盤は、既設構造物直下・近傍の場合が多く、振動や騒音などの環境問題、狭隘な施工スペースや空域制限などにより従来工法の適用が困難となる場合がある。よって、本研究ではこれらの条件をみたす静的締固め工法の一つとして「可塑状ゲル圧入工法」を開発し研究をおこなっている<sup>1)2)</sup>。本論文は、可塑状ゲルの圧入による締固め効果・特性に着目し大型加圧土槽を用い模型実験をおこなった結果、圧入量に対する間隙比の変化や土圧係数の増加に関する知見が得られたので報告する。

2. 試験概要

実験装置を図-1に示す。土槽は、内径140cm、高さ145cmの円柱土槽であり、上載圧・側圧装置と計測用ロッドからなっている。なお、上載圧と側圧は独立して制御することができ、定応力状態あるいは、ひずみが生じない境界条件を再現することができる。圧入システムはミキサー、ホッパー、ポンプ、流量計、内管(ダブルパッカー)、外管からなっており、圧入は外管に内管を挿入し行う。なお、ポンプは薬液注入にも用いられるスクイズポンプを使用した。

模型地盤は、外管を所定の位置に設置した後、表-1に示す気乾状態の山砂を相対密度が約50%になるように空中落下法により作製した。その後、上載圧 $\sigma_v$ を60kPaとし $K_0$ 圧密を行った。なお、実験は乾燥状態で行っている。

表-2に可塑状ゲルの配合と特性を示す。圧入は1ステップ当りの注入量 $Q$ を10ℓ、注入速度 $q$ を5ℓ/minとし、圧入後のインターバルを3minとし、これを $q$ が落ちるまで繰返し行った。なお、圧入中の計測項目は、流量計による流入量 $Q$ 、注入速度 $q$ 、注入圧 $p$ と、変位計による地表面変位 $\delta h$ 、空圧計による上載圧 $\sigma_v$ 、水圧計による側圧 $\sigma_h$ である。なお、圧入中の境界条件として、鉛直方向は $\sigma_v$ を一定応力状態とすることにより $\delta h$ を許容し、水平方向は $\sigma_h$ を変化させることによりひずみが生じない状態とした。

3. 試験結果

図-2に流量計よりもとめられた経過時間と圧入速度 $q$ 、圧入圧力 $p$ 、圧入量 $Q$ の関係を示す。圧入初期の速度と圧力はほぼ一定の傾向を示し、圧入量が300ℓ辺りからでは圧力が上昇し、速度が低下した。これは、既往の研究<sup>1)</sup>と同様の傾向を示している。また、最終的に圧力は2.5MPaまで上昇し、圧入量は46ℓであった。

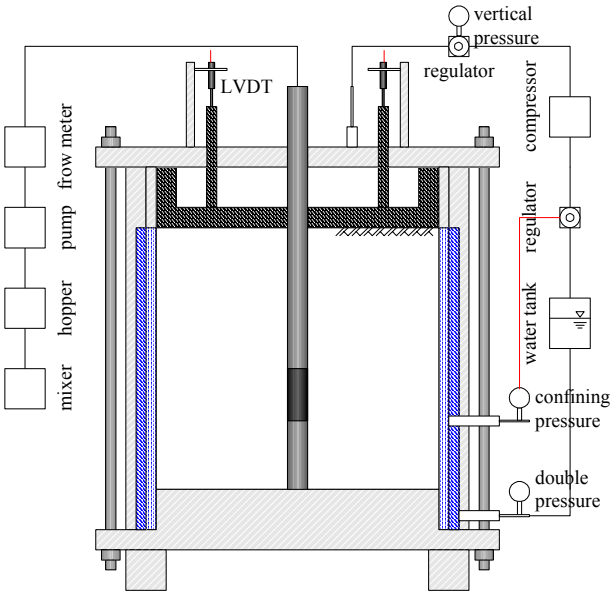


図-1 実験装置

表-1 砂の物理特性

| $\rho_s$                | $e_{min}$ | $e_{max}$ | $D_{50}$ |
|-------------------------|-----------|-----------|----------|
| 2.501cm/cm <sup>3</sup> | 0.562     | 0.923     | 0.35mm   |

表-2 ゲルの配合と特性

| 主材    | 硬化発現材 | 添加剤    | 水     |
|-------|-------|--------|-------|
| 170kg | 40kg  | 3kg    | 95.9ℓ |
| フロー値  | スランプ  | ※90ℓ当り |       |
| 96mm  | 110mm |        |       |

キーワード: 可塑状ゲル圧入工法、液状化対策、締固め効果、土槽実験、土圧係数、  
連絡先: 〒113-0033 東京都文京区本郷 3-15-1 TEL 03-5803-1810 FAX 03-3815-3829

図-3 に経過時間と地表面変位  $\delta h$ 、上載圧  $\sigma_v$ 、側圧  $\sigma_h$  の関係を示す。地表面変位は圧入初期で沈下する傾向を示し、圧入量 20ℓ以降では隆起する傾向を示した。これは、圧入に伴い可塑状ゲルの体積が増加したことや、ダイレタンシーに起因するものと考えられる。

側圧は圧入に対し、いずれのステップにおいても上昇する傾向を示し、インターバル後の側圧は圧入直後に比べ低下する傾向を示している。これは、インターバル中における土圧の再分配などの影響が考えられる。

図-4 に圧入量  $Q$  に対する間隙比  $e$ 、土圧係数  $K$  の関係を示す。間隙比を求める際の地盤体積は、地表面変位より求められる土槽体積と圧入量との差より求めた(式-1)。

$$e = \frac{\rho_s \{ \pi \cdot r^2 (h_0 + \delta h) - V_G \}}{m_s} - 1 \quad \cdots \text{式-1}$$

ここに、 $r$ :半径(cm),  $h_0$ :初期高さ(cm),  $\delta h$ :地表面変位(cm),  $V_G$ :ゲル体積( $Q \times 1,000 \text{ cm}^3$ )である。間隙比は圧入に伴い減少する傾向を示し、圧入量が 30ℓ以降は増加する傾向を示した。しかし、圧入量 30ℓ以降の地表面隆起より求められた体積増分は流量計より求められた圧入量に比べ大きな値を示していた。そこで、実験終了後に土槽を解体し、固結体の観察を行いその体積を求めた。写真-1、表-3 に改良体の計測結果を示す。これより、改良体の体積は流量計より求められた量より大きく、この値で間隙比を求めると 0.67 となり地盤が圧縮されていることを示している。

土圧係数は側圧を上載圧で除して求めており、土槽側端部における値である。土圧係数は圧入に伴い上昇する傾向を示し、最終的には初期値の約 1.8 倍となった。

#### 4. まとめ

今回は1ポイントからの定量ずつの圧入をインターバルで行った場合の圧入状況と地盤挙動の傾向を知ることを目的とした。地表面の変位は圧入初期には沈下の傾向があったが圧入の後半ではインターバル毎に沈下と隆起を繰り返しながら全体的に隆起していく傾向が把握できた。この結果 1 ポイントからの圧入量、複数ポイントからの圧入量並びにインターバルの調整を行うことによって改良対象土量の締固め度や地表面の変位量をきめ細かく管理していくことが可能になると思われる。今後の実験でこれらを確認し、締固め効果のメカニズムを解明する予定である。

#### 参考文献

- 1) 小山・島田・井筒・末政:可塑状ゲル圧入工法の研究開発～大型モールド実験による塊状固結体の形成～,第41回地盤工学研究発表会,投稿中,2006.7
- 2) 栗崎・井筒・小山・長岡:可塑状 FM グラウト現場試験,土木学会関東支部技術研究発表会,III-1,2006.3

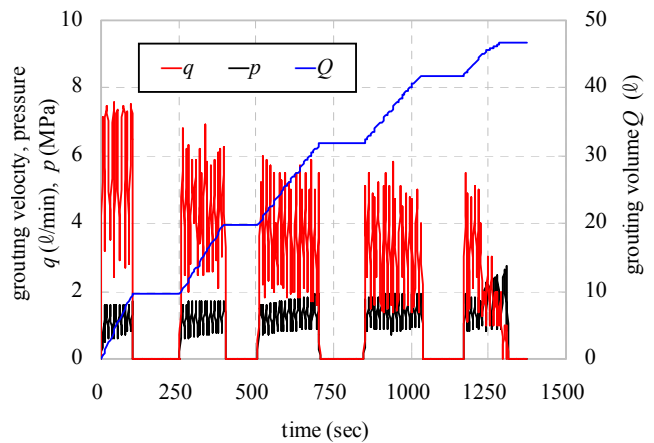


図-2 時間～圧入速度・圧力・量関係

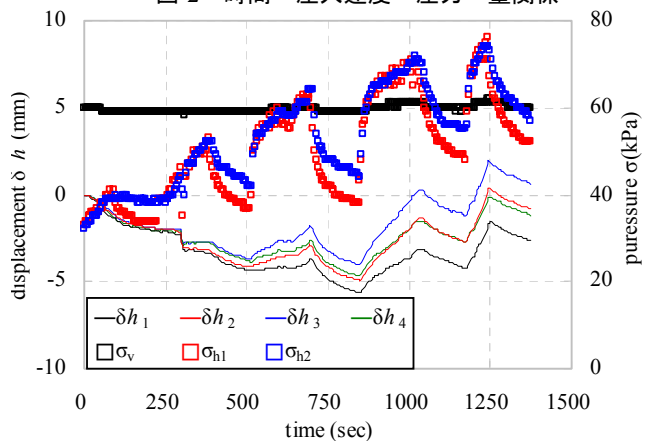


図-3 時間～変位・上載圧・側圧関係

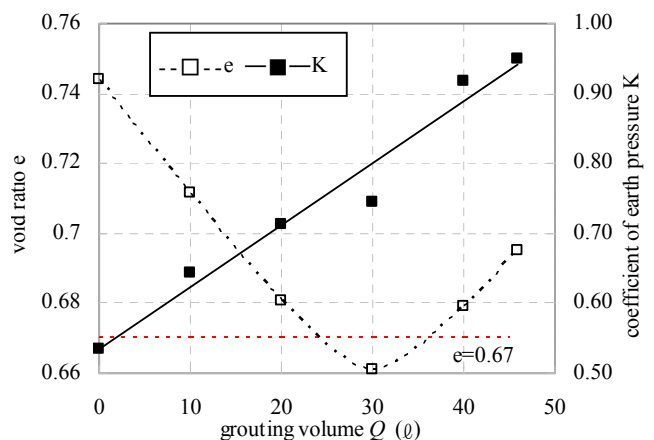


図-4 圧入量～間隙比・土圧係数関係

表-3 固結体形状

|      |                      |
|------|----------------------|
| 高 さ  | 70.5cm               |
| 最大半径 | 64.5cm               |
| 平均半径 | 31.6cm               |
| 最大周囲 | 150.5cm              |
| 体 積  | 70200cm <sup>3</sup> |

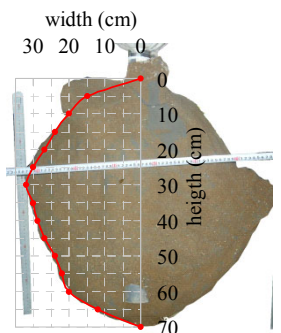


写真-1 固結体形状