

III-B 274

動的な注入に関する模型実験

— 固結体の強度、透水性について —

東急建設技術研究所 正会員 駒延 勝広
 同 上 正会員 大河内 保彦
 同 上 正会員 遠藤 修

1. はじめに

薬液注入は簡易に地盤改良が行える工法として多く用いられているが、薬液の効率的な注入方法、改良後の効果判定方法には種々の課題が残されている¹⁾。本研究では効率的な注入方法として、注入速度を変化させながら注入を行う動的注入に注目し、その効果を調べるために模型土槽を用いた注入実験を行っている。その結果、同じ平均注入速度でも動的注入では従来の速度一定で行う注入(以後、静的注入と呼ぶ)よりも平均注入圧力が小さくなるのがわかった²⁾。

そこで、今回は平均注入圧力に注目し、動的注入と静的注入の平均注入圧力と固結体の強度、および透水性との関係について検討を行ったので、ここに報告する。

2. 実験概要

地中の応力状態を再現するために、今回の実験では、模型地盤に 98kPa の上載圧を加えた。実験装置の詳細については参考文献 2) を参照されたい。

模型地盤は硅砂 8 号 ($\rho_s = 2.619 \text{ gf/cm}^3$, $e_{\text{max}} = 1.294$, $e_{\text{min}} = 0.741$, $D_{50} = 0.1 \text{ mm}$) を用いて水中落下法により、相対密度が 60% となるように作製した。室内透水試験によると、拘束圧 98kPa、相対密度 60% の硅砂 8 号の透水係数は $5.42 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ であった。

薬液は水ガラス系溶液型薬液を用い、ゲルタイムは 30 秒とし、総注入量は 16l とした。

動的注入は、注入速度を図-1 に示すような正弦波にし、注入を行っている。図中の平均注入速度 q_{av} とは動的注入の注入速度の平均値のことである。静的注入との注入速度の比較にはこの値を用いた。今回の実験では、動的注入の注入速度の振幅、周期をそれぞれ 4l/min、7 秒と一定値にし、平均注入速度を 3, 4, 6l/min の 3 種類とした。また、従来方法との比較を行うために、動的注入の平均注入速度と等しい注入速度での静的注入も行った。実験ケースを表-1 に示す。実験は、注入時の注入圧力と注入速度の測定を行い、注入 1 日後に土槽を解体し、固結体の強度と透水性について調べた。強度試験、透水試験ともに注入孔直近から直径 5cm、高さ 10cm の供試体を採取し、注入 7 日後に一軸圧縮試験と、加圧定水位透水試験を行った。

3. 実験結果

図-2 に平均注入速度がほぼ等しい CASE 3, 6 の注入圧力の経時変化を示す。このように、動的注入では注入圧力が注入速度の変化に伴い変化する。また、静的注入でも注入圧力の若干の変動がみられる。そこで、両者

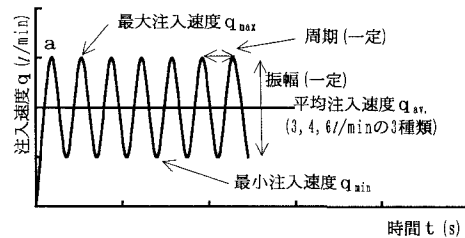


図-1 動的注入での注入速度の波形

表-1 実験ケース

No.	注入方法	注入速度	平均注入速度	周期
CASE 1	静的	3 (l/min)		
CASE 2	静的	4 (l/min)		
CASE 3	静的	6 (l/min)		
CASE 4	動的	1~5 (l/min)	3 (l/min)	7 (s)
CASE 5	動的	2~6 (l/min)	4 (l/min)	7 (s)
CASE 6	動的	4~8 (l/min)	6 (l/min)	7 (s)

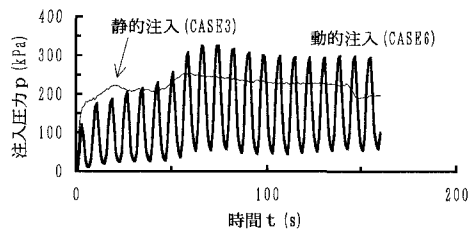


図-2 注入圧力の経時変化

の注入圧力を比較するために、次式に示す平均注入圧力 p_{av} を定義した。

$$\text{平均注入圧力 } p_{av} = \sum_{i=a}^n \frac{p_i}{n-a}$$

p_i : 時間 i での注入圧力 (kPa)

n : 注入終了時の測定点数 (個)

a : 注入速度が一定値になった

ときの測定点数 (個) (図-1 参照)

図-3 に注入後の固結体の体積 V と平均注入圧力 p_{av} との関係を示す。なお、凡例の静は静的注入、動は動的注入、数字は平均注入速度を示す。図より、平均注入速度が同じでも、動的注入では静的注入よりも低い注入圧力で、大きな固結体が得られるのがわかる。また、今回の注入量では、計算上、約 33000cm^3 の固結体が得られることを考えると、動的注入は静的注入よりも薬液の逸脱が少なく、均一な固結体が得られると推測される。

図-4 に固結体の一軸圧縮強度 q_u と平均注入圧力 p_{av} との関係を示す。固結体の強度は静的注入よりも動的注入の方が大きくなるのがわかる。静的注入ではどの注入圧力においても、その一軸圧縮強度はほぼ 200kPa 程度であるのに対して、動的注入では注入圧力が大きくなるにつれて、一軸圧縮強度も増加している。これより、動的注入では同じ平均注入速度で、静的注入よりも品質のよい固結体が得られると推測される。

図-5 に固結体の透水係数 k と平均注入圧力 p_{av} との関係を示す。平均注入速度が $3, 4/\text{min}$ のときの固結体の透水係数は動的注入も静的注入も $1.0 \times 10^{-5} \sim 3.0 \times 10^{-5}$ の範囲内にあり、ほとんど変わらないが、平均注入速度が $6/\text{min}$ のときは、動的注入での固結体の透水係数は、静的注入の約 $1/10$ 程度になっている。また、動的注入では注入圧力が大きくなるにつれて、透水係数が小さくなる傾向が顕著に認められた。

4. まとめ

模型土槽を用いた動的注入実験を行い、平均注入圧力に注目し、動的注入と静的注入の平均注入圧力と固結体の強度、透水性との関係について検討を行い、以下のことがわかった。

- 1) 動的注入は静的注入よりも薬液の逸脱が少なく、均一な固結体が得られると推測される。
- 2) 動的注入では同じ平均注入速度で、静的注入よりも品質のよい固結体が得られると推測される。
- 3) 固結体の強度は静的注入よりも動的注入の方が大きくなる。
- 4) 動的注入では注入圧力が大きくなるにつれて、透水係数が小さくなる傾向が顕著に認められた。

参考文献

- 1) 三木ら編：薬液注入工法の調査・設計から施工まで，土質工学会，1985.2，pp.9～12
- 2) 駒延，大河内，遠藤：動的な注入に関する模型実験—薬液の固結形状について—，第31回地盤工学研究発表会，1996.7

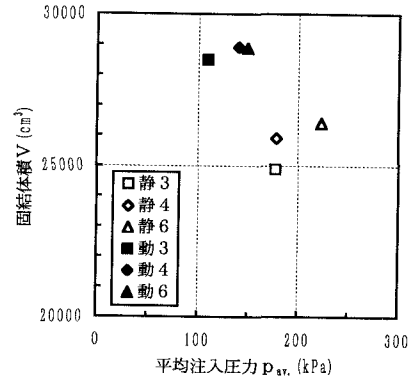


図-3 $V-p_{av}$ の関係

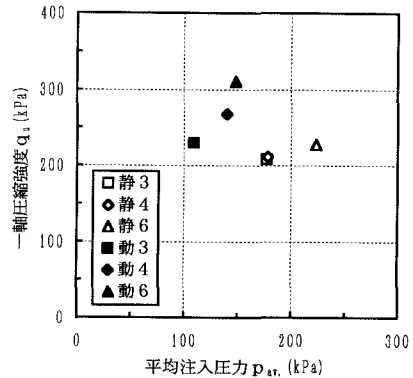


図-4 q_u-p_{av} の関係

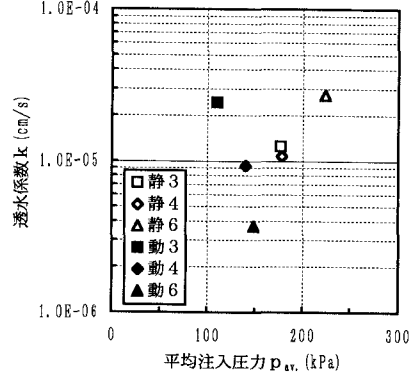


図-5 k と p_{av} の関係