

動的注入工法の現場施工実験（その1）

- 振幅および周波数が改良効果に及ぼす影響について -

東急建設(株)技術研究所 正会員 大河内保彦 正会員 駒延勝広
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 村田 修
 福岡市交通局 犬塚 敏昭

1. はじめに

薬液注入工法は簡易に地盤改良が行える工法として多くの現場で用いられている。しかし、設計どおりの改良が行えない、施工後の効果確認が難しいなど多くの問題点がある¹⁾。

筆者らは、薬液注入工法の品質改善や施工能率の向上を目的として、注入速度や注入圧力を意図的に変化させながら注入を行う動的注入工法を提案し、模型実験や現場実験を行い、本工法の開発を行っている²⁾。

本報告では、動的注入工法の振幅および周波数が改良効果に及ぼす影響を調べるために行った現場施工実験について報告する。

2. 動的注入工法の概要

動的注入工法は現在のところ注入速度を図1のように制御して注入を行っている。実験では動的注入工法の注入開始から終了までの注入速度の平均値を平均注入速度 q_{avg} 、注入速度の両振幅を速度振幅 q_{p-p} と定義した。動的注入工法と従来工法の注入速度の比較には平均注入速度 q_{avg} を用いた。

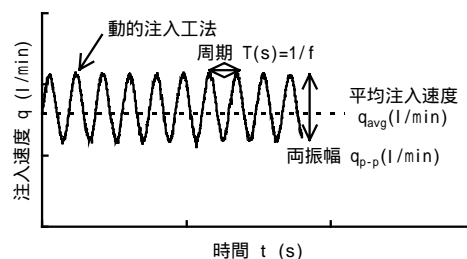


図1 動的注入工法の概念図

3. 実験概要

図2に当該現場の土質柱状図と注入位置を示す。図3に注入位置付近の土質の粒度分布を示す。注入位置の地盤は沖積の礫混じり砂で、N値10前後とかなり緩い状態である。事前に行われた現場透水試験では $k=3.4 \times 10^{-3}$ (cm/s) であり、浸透注入が期待できる地盤と考えられる。

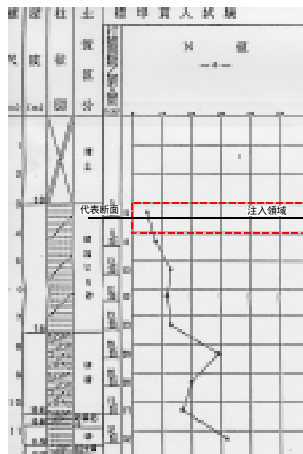


図2 土質柱状図

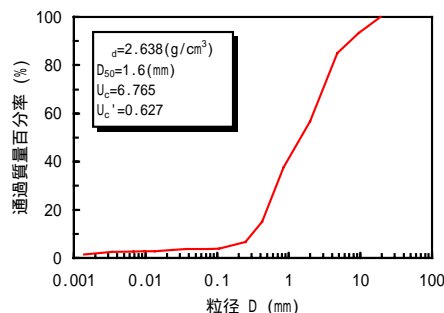


図3 粒度分布

注入は図2に示すように GL-3.0 ~ 4.0m の領域に行い、1ステップ当りの注入量を 100(l) とし、0.25m ピッチで4ステップ、総注入量で 400(l) とした。設計上は直径 1.1m、高さ 1m の円柱体ができる注入量である。薬液は水ガラス系溶液型のものを用いた。ゲルタイムは2、3秒の瞬結タイプを中心とし、参考に瞬結:緩結=1:6 の比率の複相注入(F-7)も実施した。緩結タイプの薬液のゲルタイムは約60分とした。

当該現場での実験では、動的注入工法の注入速

表1 実験ケース

実験ケース	注入方法	ゲルタイム	平均注入速度 q_{avg} (l/min)	速度振幅 q_{p-p} (l/min)	周波数 f (Hz)
F-1	従来	2~3秒	10	-	-
F-2	動的	2~3秒	10	2.0	0.1
F-3	動的	2~3秒	10	4.0	0.1
F-4	動的	2~3秒	10	6.0	0.1
F-5	動的	2~3秒	10	2.0	0.25
F-6	動的	2~3秒	12	2.4	0.1
F-7	動的	約60分	12	2.4	0.1

度の振幅および周波数が改良効果に及ぼす影響について検討するために、平均注入速度は一定とし、振幅および周波数を数種類に変化させて実験を行った。実験平面図を図4に、実験ケースを表1に

表2 効果確認試験

試験項目	実施時期	数量
固結形状の観察・測定	固結体掘削後	各ケースにつき1箇所
動的貫入試験	注入前後	前4箇所、後各ケース2箇所
ポットトン貫入試験	固結体掘削後	固結体鉛直4測線 20cm ² ッチ
針貫入試験(ポットトンで貫入不能の場合のみ実施)	代表断面整形後	20cm ² ッチ格子状
三軸透水	サブリング後	適宜実施
一軸圧縮試験		
三軸圧縮試験(CU)		

示す。

効果確認試験は、注入から約2ヶ月後に掘削し行った。効果確認は目視による注入状況の確認や、原位置での貫入試験、サンプリングによる室内試

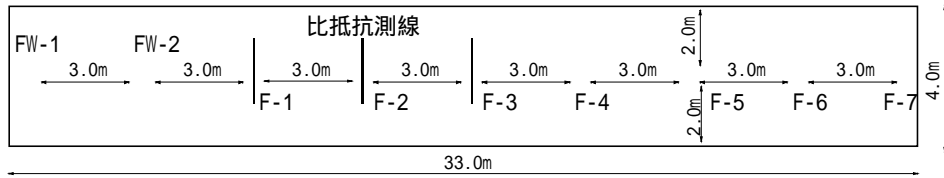


図4 実験平面図

験などを行った。効果確認試験項目を表2に示す。

4. 実験結果

写真1に固結体の形状の一例を示す。写真では判別がつきにくいですが、全体として動的注入工法の方が従来工法よりも固結体が大きめであった。また、動的注入工法、従来工法とも全体的に固結体が意図した注入領域よりも浅めに位置する傾向がみられた。



F-1 F-2
写真1 固結体の形状

図5に代表断面(注入領域の中心の面、図2参照)の形状とポケットコーン貫入試験の結果を示す。当該現場では浸透注入を期待して現場実験を行ったのだが、やはり瞬結タイプの薬液注入では割裂脈がみられ、割裂浸透注入となってしまった。緩結タイプの複相注入で割裂脈が発生しているのは、初期注入の瞬結薬液のためであると考えられる。残念ながら、今回の実験では、比較対象の従来工法を行った地盤の条件が、他の注入を行った地盤の地盤条件と異なっていたため、実験結果の直接の比較は困難であった。しかし、全体としていえることは、動的注入工法の方が割裂脈が多方向に分散し、かつ、発生本数が多くなる傾向があり、強度のばらつきも少ないということである。

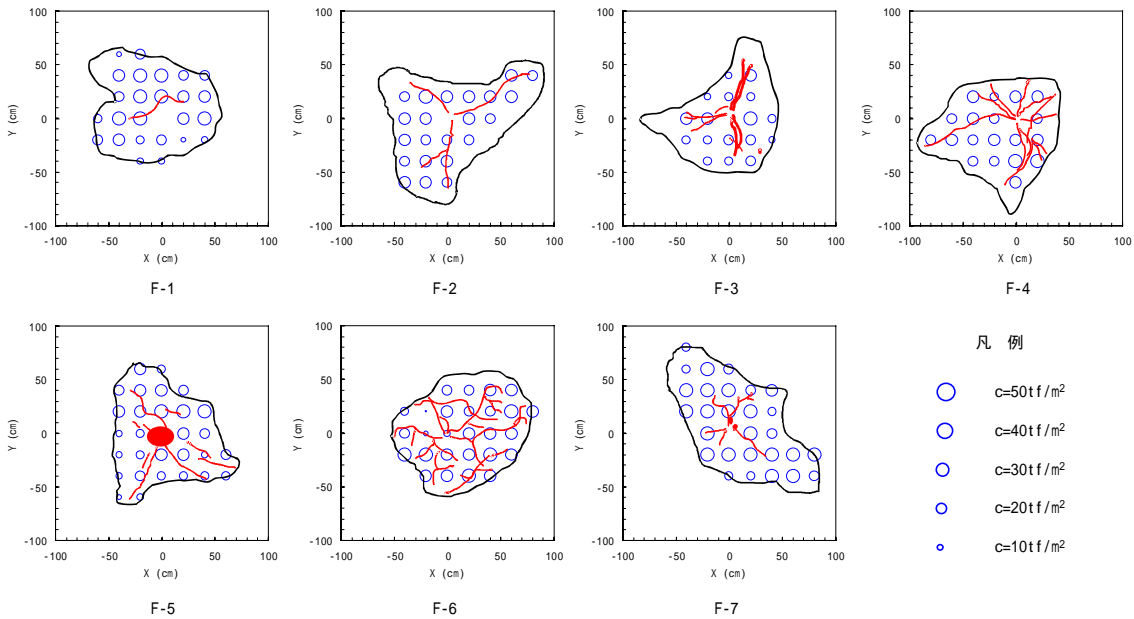


図5 代表断面の形状とポケットコーン貫入試験結果

5. まとめ

薬液注入工法の品質改善や施工能率の向上を目的として、注入速度や注入圧力を意図的に変化させながら注入を行う動的注入工法を提案し、現場施工実験によりその周波数と振幅が改良効果に及ぼす検討を行った。その結果、振幅や周波数の影響は小さく、以下のことがわかった。

- 1) 動的注入工法では割裂脈が発生してもある特定の方向に進展せず、多方向に分散する傾向がある。
- 2) 動的注入工法は強度のばらつきが少なく、均質な改良ができると考えられる。

6. おわりに

本実験を行うにあたり、福岡市交通局、大成・竹中JV福岡地下鉄作業所にご協力いただいた。また、施工に関してはライト工業(株)にご協力いただいた。未筆ながら、関係者に謝意を表したい。

<参考文献>

- 1) 土質工学会編：薬液注入工法の調査・設計から施工まで、(社)土質工学会、pp.9~12、1985.2
- 2) 例えば、駒延勝広・村田修：動的注入工法の振幅および周波数が改良効果に与える影響、pp.19~24、鉄道総研報告、vol.12、No.4、1998.4