

動的注入工法の開発

— 動的な薬液注入工法による地盤改良効果について —

増田芳久¹・伊藤 浩²・村田 修³

¹フェロー会員 東急建設株式会社 営業本部（〒150-8340 東京都渋谷区渋谷1-16-14）

²正会員 東急建設株式会社 技術研究所（〒229-1124 神奈川県相模原市田名曽根下3062-1）

³正会員 工博 財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部（〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38）

キーワード：薬液注入工法、動的注入工法、地盤改良効果

1. はじめに

動的注入工法は、薬液注入工法の品質改善と施工能率の向上を目的とした工法で、従来の工法が一定の注入速度で施工するのに対し、注入速度もしくは注入圧力を変化させながら、施工する工法である。

これまでに、動的注入工法の注入効果を実証するため、室内実験、現場実験および実施工を行ってきた。本報文では、本工法の特徴と、注入効果について報告する。

2. 動的注入工法の特徴

動的注入工法は、土質条件に応じた平均的な注入速度または圧力を設定し、そこから注入速度または圧力を意図的にある時間で変化させる。現状では、図-1 Aの実線のように注入速度を制御する方法を採用しており、実施工では平均注入速度および速度振幅、周期をあらかじめ設定し注入を行っている。

動的注入工法の利点は以下のようなものである。

- ①注入速度を随時変化させるため、注入圧力が高い状態で持続することを防ぎ、割裂脈の発生を防止できる。
- ②割裂脈が発生しても特定の方向に進展しにくく、固結体に悪影響を及ぼすような大きな割裂脈が発生する可能性が低い。

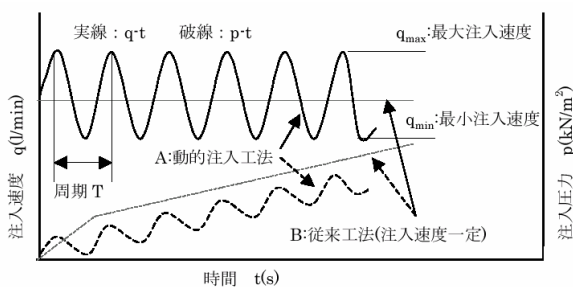


図-1 動的注入工法の概念図

③割裂注入が主体となる粘性土地盤では、短い割裂脈を多数発生させて、複合地盤としての強度を大きくすることが期待できる。

④特別な注入装置を必要とせず、従来の装置を多少改造するだけで施工が可能である。

3. 現場実験による地盤改良効果の検証

現場実験によって明らかになった動的注入工法による地盤改良効果の概要について以下に示す。

(1) 粘性土地盤における現場実験

現地での注入領域は、地表面から深度GL-1.0～2.0 mの範囲で、オートマチックラムサウンディングによるNd値1～3の関東ロームの地盤であった。注入条件は、注入率を35%、総注入量を280%とした。薬液はセメント系懸濁液型のものを用い、ゲルタイムを15秒に設定した。効果確認は注入7日後に掘削を行い割裂脈の分布状況等を調査した。なお実験の詳細は参考文献2)を参照されたい。

図-2 に従来工法と動的注入工法の割裂脈の分布状況を示す。動的注入工法では明らかに割裂脈の本数が多いことがわかる。本実験結果では、粘性土地盤において、動的注入工法が従来工法に比べ、短い割裂脈が多数発生する傾向があることがわかった。

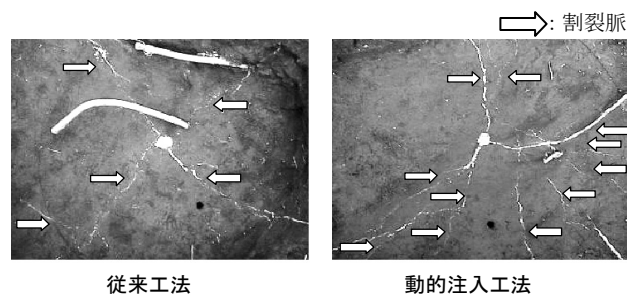


図-2 割裂脈の状況

(2) 砂質土地盤における現場実験

現地の注入領域は、GL-4.7～5.7mの範囲で、N値25～30の極めて均質な礫混じり砂であった。また現場透水試験結果は $k=4.18 \times 10^{-4}$ m/secであった。注入条件は注入率を40%、総注入量を400ℓとした。薬液は水ガラス系溶液型を用い、瞬結タイプはゲルタイム2～3秒、緩結タイプはゲルタイム60分とした。緩結タイプでは複相注入とし、瞬結:緩結=1:3で行った。なお詳細は参考文献3)を参照されたい。

図-3に複相注入時の固結体の状況の比較を示す。動的注入の方が固結体が大きく、多数の突起が出たような形状になっており、薬液が多方向に均一に分散する傾向が見られた。

また、本実験では、平均注入速度に関する比較を行い、動的注入において20%速度を増加させた場合でも従来工法と同等の改良が行えることもわかった。

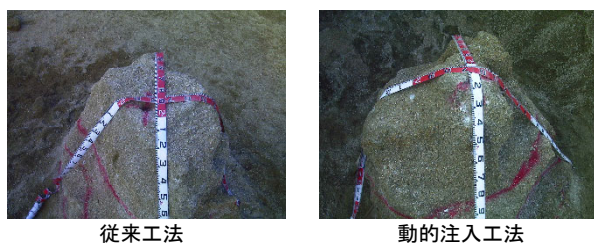


図-3 固結体の状況

4. 実施工における地盤改良効果の検証

下水道工事において、推進管の立坑の止水と孔壁安定を目的として薬液注入を行った。図-4に薬液注入計画図を示す。当該現場での薬液注入は注入速度20ℓ/minと比較的早く、地下水の流れがあることもあって、瞬結性の薬液を用いることとなっていた。このため、信頼性の向上を目指して動的注入工法に変更した。施工数量は11万3千ℓである。

本現場で、従来工法と動的注入工法の比較試験を行った。図-4中に示した3個所について従来工法で注入を行い、立坑掘削時にポケットコーン貫入試験とサンプリング試料の室内試験を行った。

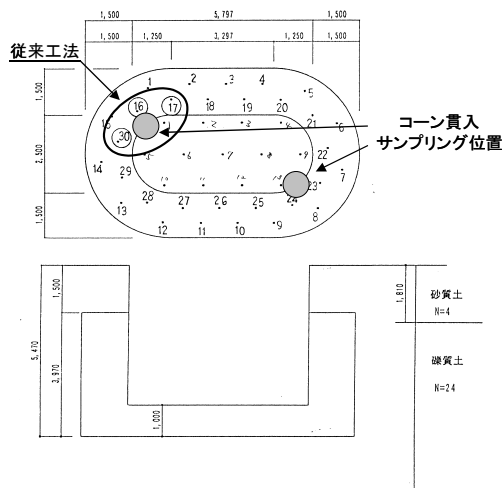


図-4 薬液注入計画図

図-5に、ポケットコーン貫入試験結果を粘着力に換算した結果を示す。試験は50×50cmのエリアに10cmの格子を設定し、約20点行ったものを平均したものである。この結果、動的注入工法が強度的に優れていることがわかった。また、サンプルについて三軸透水試験を行った結果を図-6に示す。差は僅少であるが、やはり動的注入工法が優位であることがわかる。

図-7には三軸CU試験の結果を示した。有効拘束圧は50kN/m²である。この結果からも、動的注入工法が高品質の改良を行っていることがわかった。

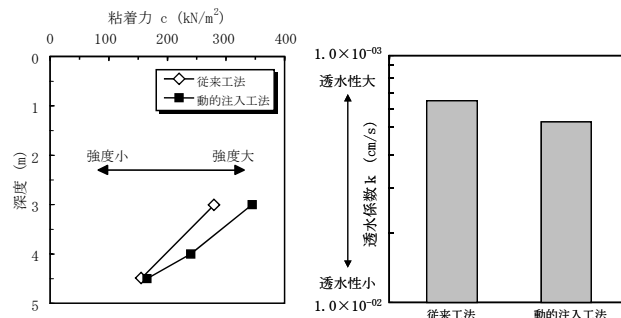


図-5 ポケットコーン試験結果

図-6 三軸透水試験結果

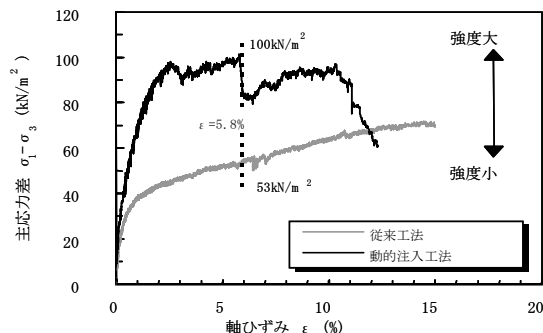


図-7 三軸CU試験の結果

5. おわりに

以上のように、動的注入工法では割裂脈が特定の方向に進展しにくく、多方向に分散し、設計改良範囲の均質な改良が行え、さらに、従来工法よりも固結体の強度が大きくなることがわかった。

また、従来工法と比較した場合、動的注入工法は、注入速度を20%程度増加させても、従来工法と同等の改良効果が得られると考えられる。

参考文献

- 1) 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, 鉄道総研報告Vol.12, No.4, pp. 19-24, 1998.4.
- 2) 駒延, 村田, 大河内, 藤沢: 関東ローマでの動的注入現場実験, 土木学会第53回年次学術講演会, pp. 588-589, 1988.10.
- 3) 大河内, 駒延, 村田, 金子: 動的注入工法の現場施工実験(その1), 第34回地盤工学研究発表会, pp. 1231-1232, 1999.7.