

西日本旅客鉄道株式会社	正会員	○竹村 宗能
西日本旅客鉄道株式会社	正会員	金子 雅
(財) 鉄道総合技術研究所	フェロー	村田 修
東急建設株式会社	正会員	駒延 勝広

1. はじめに

薬液注入工法の品質改善と施工能率の向上を目的として、鉄道総合技術研究所及び東急建設で新しい工法＝動的注入工法を開発中である。従来の工法は、注入速度を一定にして注入を行っているのに対し、動的注入工法では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ものである。

今回、改良効果の違いを評価することを目的として、JR 西日本が施工を管理している山陽本線宮島口・大野浦間の架道橋新設工事の現場において、従来工法と新工法による注入試験を行ったのでここに報告する。

2. 実験の概要

1) 現場状況

当現場の土質柱状図を図1に示す。注入範囲のGL-4.7～-5.7m付近はN値30程度であり、表1の諸値からもわかるように、透水性が高い均質な礫混じり砂であり、浸透注入（＝土粒子の配列を変えないで間隙を薬液で充填する）を主体とした注入効果が期待できる地盤である。実験現場の断面図を図2に示す。

2) 注入試験

注入試験は、従来工法と動的注入工法の比較を主目的として表2に示す6ケースについて行った。平均注入速度 q_{avg} は 10(l/min) を基本とし、施工能率向上の可能性を調べるために 12(l/min) での注入を行った。これまでの室内試験の結果から、動的注入における振幅 q_{p-p} は q_{avg} の2割、周波数 f は 0.1(Hz) とした。

注入方法は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。薬液は水ガラス系溶液型のものを用い、ゲルタイムは表2にも示す通り瞬結で2、3秒、緩結で約60分である。注入工法は瞬結タイプで二重管ストレーナ法（単相）、緩結タイプで二重管ストレーナ法（複相）を採用した。緩結タイプにおける注入の比率は瞬結：緩結＝1:3とした。

3) 効果確認試験

効果確認試験は、当該現場の掘削時期に併せて注入試験の約1ヶ月半後に行った。主な試験項目を

表1. 注入範囲の諸値を示す指標

項 目	数 値
N値	N 30前後
透水係数k	k 4.18×10^{-2} (cm/s)
乾燥密度 ρ_d	2.625 (g/cm ³)
有効粒径 D_{50}	4.47 (mm)
均等係数 U_c	12.59
曲率係数 U_c'	2.40

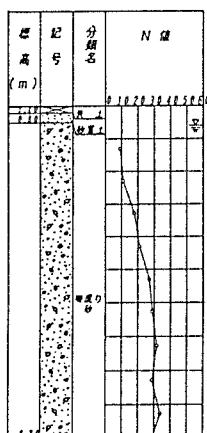


図1. 土質柱状図

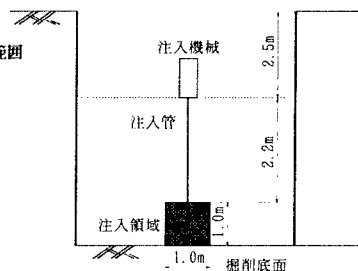


図2. 注入位置断面図

表2. 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)	振幅 q_{p-p} (l/min)	周波数 f (Hz)
1	従来	2～3秒	10	-	-
2	従来	2～3秒	12	-	-
3	従来	約60分	10	-	-
4	動的注入	2～3秒	10	2.0	0.1
5	動的注入	2～3秒	12	2.4	0.1
6	動的注入	約60分	10	2.0	0.1

表3に示す。

3. 実験結果と考察

1) 固結体の観測・測定

写真1に固結体の形状の一例としてケース3とケース6を示す。ケース6の動的注入工法では、写真中の白点線で示す設計改良範囲に近い円柱形状をしているのに対し、ケース3の従来工法ではいびつな形状となっているのがわかる。また、この2ケース以外に対しても同様の傾向が見られた。

2) ポケットコン貫入試験

図3にケース1とケース4について代表断面（注入領域の中心から25cm上の面）の形状とポケットコン貫入試験の結果を示す。当該現場では前述の様に浸透注入を期待していたが、瞬結タイプのケースについてはやはり割裂脈が発生した。図中の割裂脈の本数は動的注入を行ったケースの方がかなり多く、その分布についても、従来工法ではある特定の方向に進展する傾向があるのに対して、動的注入工法では割裂脈が多方向に分散し、薬液の逸走が生じにくくなっているのがわかる。○印の大きさで示す強度分布をみると、全体的に動的注入工法では従来工法に比べて強度のばらつきが少なく均質な改良が行われていることがわかった。

3) 一軸圧縮試験

固結体よりサンプリングした供試体による一軸圧縮試験の結果を図4に示す。全体的に動的注入工法の方の強度が高くなっていることがわかった。また、ケース1とケース5の比較において同程度の強度が得られていることから、動的注入工法では従来工法より注入速度を20%程度増加させても、同程度の改良が行えることがわかった。

4. まとめ

薬液注入工法の品質改善と施工能率の向上を目的として、動的注入工法の現場試験を行い、その効果確認をした結果、以下のことがわかった。

- 1) 動的注入工法では、割裂脈がある特定の方向に進展することなく多方向に分散する傾向があるのがわかった。
- 2) 動的注入工法では、注入速度を20%程度増加させても従来工法と同等の改良が行うことができた。

5. おわりに

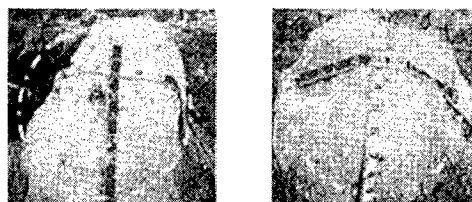
末筆ながら、本実験に多大なご協力を頂いた広成建設株式会社大野作業所及びライト工業（株）をはじめ関係者の方々に謝意を表す次第である。

<参考文献>

駒延勝広、村田修、大河内保彦「新しい薬液注入工法」『鉄道施設協会誌』pp. 42～44, 1999. 1

表3. 効果確認試験実施項目

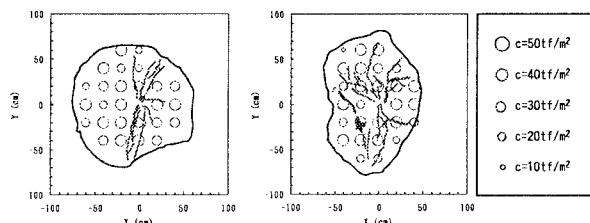
試験項目	実施時期	数量
固結体形状の観察・測定	固結体掘削後	各ケース1箇所
動的貫入試験	注入の前後	前4箇所、後各ケース2箇所
ポケットコン貫入試験	固結体掘削後	固結体鉛直4測線20cmピッチ
針貫入試験 (ポケットコン貫入不能の場合のみ実施)	代表断面整形後	20cmピッチ格子状
三軸透水試験		
一軸圧縮試験	サンプリング後	適宜実施
三軸圧縮試験		



<ケース3>

<ケース6>

写真1. 固結体形状の一例



<ケース1>

<ケース4>

図3. ポケットコン貫入試験結果の一例

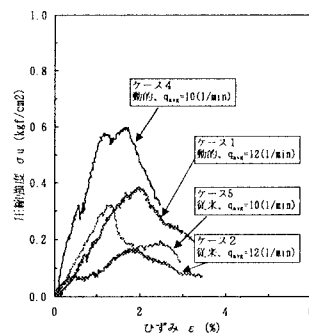


図4. 一軸圧縮試験結果