

S波速度トモグラフィの薬液注入効果判定への適用性の検討 その2

中央開発株式会社 正会員 ○廣田克己・杉山長志・赤津正敏
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 関根悦夫・桃谷尚嗣
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 吉田 勤

1. まえがき

鉄道線路下地盤において薬液注入による地盤改良を実施した場合、注入範囲、改良効果の把握が必要であり、透水試験や比抵抗トモグラフィを利用した効果判定が実用化されている。しかし、地盤強化を目的とした薬液注入では、これらの方法では地盤の力学的強度まで把握することは困難であった。筆者らは、土質地盤においてS波速度が地盤の力学的強度特性を調べるうえで有効であること、またトモグラフィ技術が2次元調査法であることに着目し、薬液注入による地盤強度増加の効果判定としてS波速度トモグラフィの適用を考え、これまで実験を行ってきた¹⁾²⁾。今回、実際の鉄道線路下地盤において、薬液注入の施工前後にS波速度トモグラフィ測定を実施し、得られたS波速度分布を比較、検討したので報告する。

2. 測定方法、解析

実験場所は沖積平野に位置し、均一な砂質土層とその上位を覆う腐植土層と埋土で構成されており、各層はほぼ水平に分布している。図1にボーリング孔の配置を示す。複線の鉄道線路を挟んで両側に計3本掘削し、標準貫入試験、S波速度検層を実施した。深度は13.5m、孔間距離は線路断面方向の№1-№2孔間が15m、線路延長方向の№1-№3孔間が4mである。地下水位はGL-2～3m程度である。

薬液注入範囲を図2に示す。施工方法は二重管ダブルパッカー工法であり、一次注入材はセメントベントナイト、二次注入材はSLリアクターとSL水ガラスである。ゲルタイムは60分、注入率は上部のソフトゾーンで25%、下部のハードゾーンで35%である。

トモグラフィ測定は線路断面方向の1-2断面(№1, №2孔間)と線路延長方向の1-3断面(№1, №3孔間)において薬液注入の前後にそれぞれ実施した。図2に測定ジオメトリを示す。孔間のみの測定であり、発振は0.5m間隔、受振は1m間隔である。孔内のS波震源としてサスペンション式PS検層装置のHS震源を用いた。孔内受振器は受振器間隔1mの6連式の漂遊型受振器を使用した。測定は列車の本数の少ない深夜に行い、比較的S/N比の高いデータを収録することができた。トモグラフィ解析の再構成アルゴリズムは、対象領域を1辺50cmの正方形セルに分割し、波線の屈折を考慮したレイトレーシング法を用い、速度モデルの修正には同時反復再構成法(SIRT)を用いた。収束判定は走時残差(RMS)の大幅な減少が見られなくなった回数とした。

3. 結果、考察

トモグラフィにより得られた薬液注入前のS波速度分布を図3に、薬液注入後を図4に示す。図5は薬液注入前後の速度変化(差)をコンターで表示したものである。これらの図から、薬液注入範囲(ハードゾーン)のS波速度が20m/s程度上昇しているのが分かる。また、その上位の深度6m～9m間においても速度が5～15m/s、部分的に20m/s程度上昇している。これにはさまざまな原因が考えられ、例えば、地盤に埋殺しになっている注入用外管の影響などが考えられる。

なお、1-2断面の上部は軟弱層であり、孔間測定だけでは通過する波線が少なく、定量的な評価が困難なため評価対象外とした。これは地表に発振点、受振点を設けることで改善されと考えられるが、軌道外ではその設置数も限られる。

以上、実際の線路下地盤への薬液注入の施工現場においてS波速度トモグラフィを実施し、薬液注入の前後で20m/s程度のS波速度の上昇を捉えることができた。今後さらに、得られるS波速度の精度を上げることにより、薬液注入の効果判定、施工管理への適用が可能になると考えられる。

<参考文献>

- 1) 廣田克己・杉山長志・赤津正敏・関根悦夫・村本勝己・鴨智彦・桃谷尚嗣(2000), S波トモグラフィの線路下地盤調査への適用性の検討 その2, 地盤工学会第35回地盤工学研究発表会発表講演集 509-510
- 2) 廣田克己・杉山長志・赤津正敏・関根悦夫・村本勝己・鴨智彦・桃谷尚嗣(2000), S波速度トモグラフィの薬液注入効果判定への適用性の検討, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集 -B285.

キーワード：薬液注入, S波速度, 物理探査, 路盤

中央開発株式会社	(埼玉県川口市西青木 3-4-2	TEL 048(250)1481	FAX 048(250)1410)
財団法人 鉄道総合技術研究所	(東京都国分寺市光町 2-8-38	TEL 042(573)7276	FAX 042(573)7432)
東日本旅客鉄道株式会社	(群馬県高崎市栄町 6-26	TEL 027(324)9364	FAX 027(324)9365)

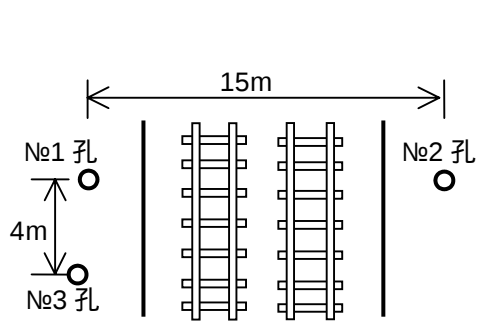


図1 ボーリング位置図

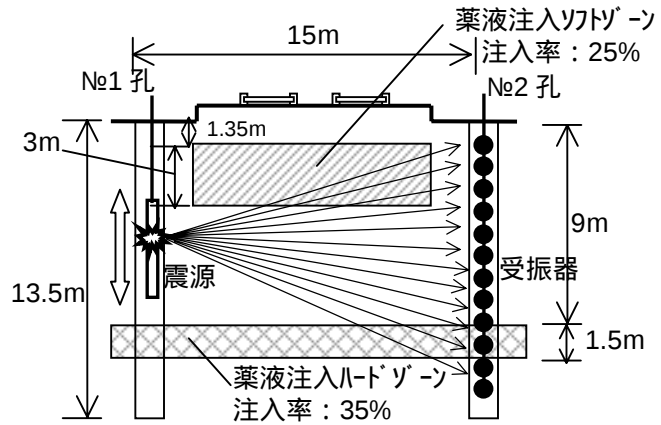


図2 1-2断面 測定ジオメトリ

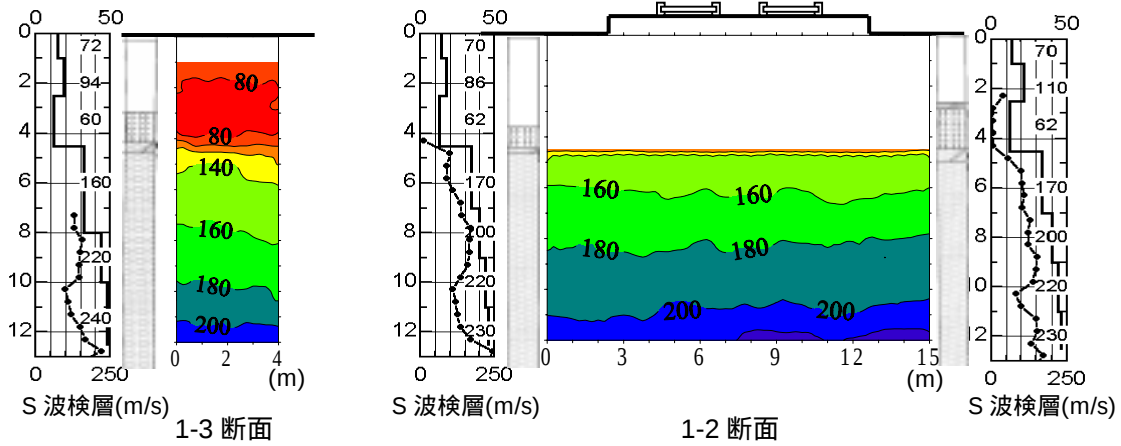


図3 薬液注入前 S波速度分布図(N値, S波速度検層結果併記)

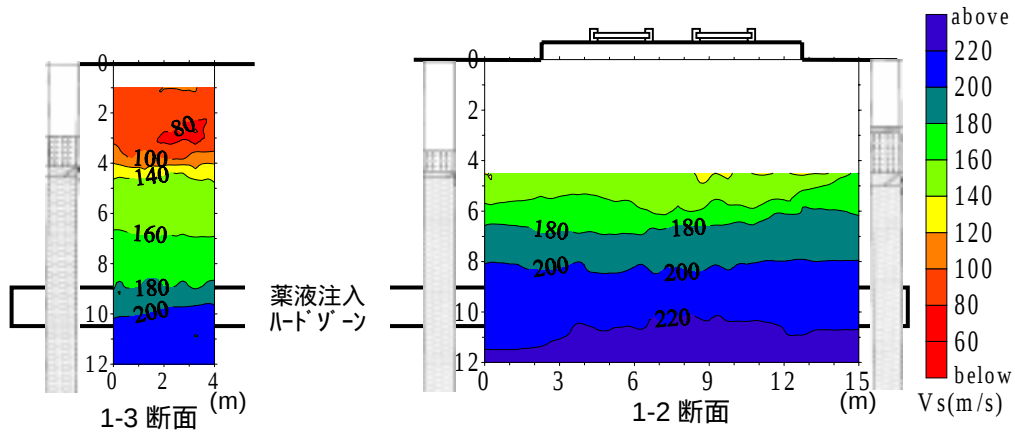


図4 薬液注入後 S波速度分布図

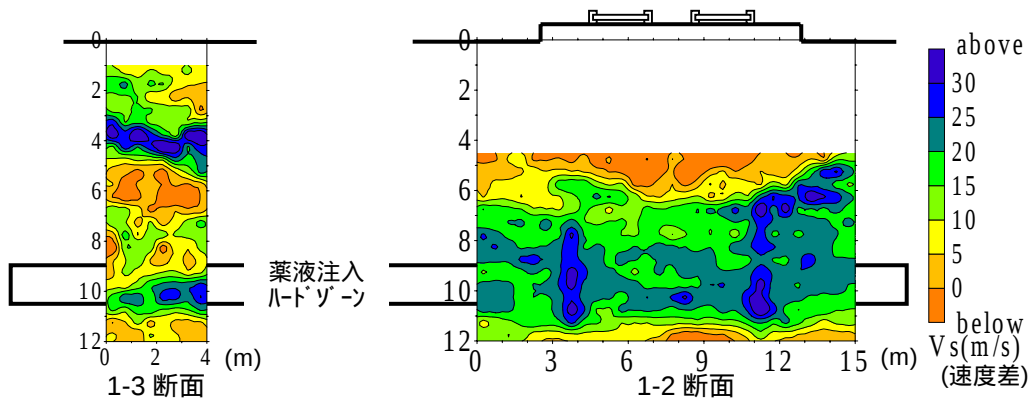


図5 S波速度変化図(薬液注入前後の速度差)