

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

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・村本勝己・鴨 智彦・桃谷尚嗣

1. まえがき

鉄道線路下地盤において、薬液注入により地盤改良を実施した場合には、その改良範囲と効果の把握が必要となってくる。従来より、透水試験や比抵抗トモグラフィを利用した効果判定が行われているが、これらの方法では薬液注入による地盤強度増加の効果を直接的に把握を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た。S波速度トモグラフィの技術としては、筆者らはこれまで2種類の孔中震源を用いた実験を行ってきた¹⁾²⁾。その結果、現時点においては、孔間距離10m程度という条件のもとではS波速度トモグラフィが適用可能であるとの結論を得ている。そこで薬液注入の施工前後においてS波速度トモグラフィ測定を実施し、地盤強度増加の効果判定への適用性を検討したので報告する。

2. 測定方法

実験場所は下総台地に位置し、砂質土を主体に粘性土を挟在する下総層群(成田層群)とその上位を覆う常総層及び関東ロームと表土で構成されており、各層はほぼ水平に分布している。そこに孔間距離10mで深度14mのボーリング孔を2孔(No.1, No.2孔)掘削し、標準貫入試験、S波速度検層を実施した(図1, 2)。その中間に千鳥配置で3本の注入孔を掘削し、マルチライザー工法による薬液注入を行い、2.0×2.5×1.5mの改良体を作成した(図1)。注入区間は粘土質細砂、シルト質細砂である。薬液には地盤強度増加と止水効果があるSLリアクターVとSL水ガラスを用い、ゲルタイムは60分、注入率は40%である。

トモグラフィの測定では、孔中震源にダウンホールオービタルバイブレータ(DOV)を使用し、地表震源には板たたき震源を使用した(図1)。孔内受震器には受震器間隔1mの6連式の漂遊型受震器を使用した。

最後に、改良体の直上にボーリング孔(No.3孔)を掘削し、標準貫入試験、S波速度検層を実施し、改良体の確認を行った(図2)。

3. 解析方法

トモグラフィ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。

4. 解析結果

まず図2より、No.1, No.2, No.3孔の土質柱状図は類似しており、ほぼ水平層構造と考えられる。そのため、No.3孔(改良後)の深度9~11m区間のN値とS波速度(S波検層による)の高まりは薬液注入による改良体を表していると考えられる。その値は、N値が15~20から40程度に上がり、S波速度が230~270m/sから300~330m/sに変化している。地盤改良により、S波検層ではS波速度20%程度の上昇としてとらえることができた。

次に、図3にトモグラフィにより得られたS波速度構造を示す。(a)が薬液注入前、(b)が薬液注入後である。

図3-(a)の改良前の自然地盤において、7m以深ではS波速度180~280m/sを示している。

図3-(b)の改良後の地盤において、深度9~10.5m, 地表距離程3.5~6mにS波速度260~320m/sを示すの領域(2.0×2.5m)が現れた。その深度は、3孔で確認されたN値、およびS波速度(S波検層による)の高い区間とほぼ一致しており、薬液注入による改良体を表していると考えられる。地盤改良により、トモグラフィではS波速度

キーワード：薬液注入, 地盤改良, S波速度, 物理探査

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)

10~20%程度の上昇としてとらえることができた。

また、N値増加部分において今井ほか(1975)³⁾の式 ($V_s = 89.8N^{0.341}$) を用いてN値からS波速度を換算してみると、改良前は $V_s = 230 \sim 250\text{m/s}$ ($N=15 \sim 20$)、改良後は $V_s = 320\text{m/s}$ ($N=40$) となり、トモグラフィから得られたS波速度と整合的である。

5. あとがき

以上のように、薬液注入による地盤改良の前後において、S波速度トモグラフィによりS波速度構造を求めた。地盤改良後のトモグラフィ結果からS波速度の高い領域が出現し、その位置は地盤改良の範囲とほぼ一致しており、トモグラフィにより改良体の位置、大きさをとらえることができた。得られた改良体の速度値は、S波検層から求めたS波速度、およびN値からの換算S波速度と整合性があり、S波速度トモグラフィによって地盤の強度分布を大まかに把握することが可能と考えられる。今後の展開として、S波速度から直接的に地盤強度を評価するには、得られるS波速度の精度を把握することが重要であり、さらに検討を重ねていきたい。

<参考文献>

- 1) 杉山長志・木村伸一・赤津正敏・廣田克己・関根悦夫・鴨智彦・村本勝己・矢崎澄雄(1999), S波トモグラフィの線路下地盤調査への適用性の検討, 地盤工学会第34回地盤工学研究発表会発表講演集, 313-314.
- 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(投稿中).
- 3) 今井常雄・麓秀夫・横田耕一郎(1975), 日本の地盤における弾性波速度と力学的特性, 第4回日本地震工学シンポジウム論文集, 89-96.

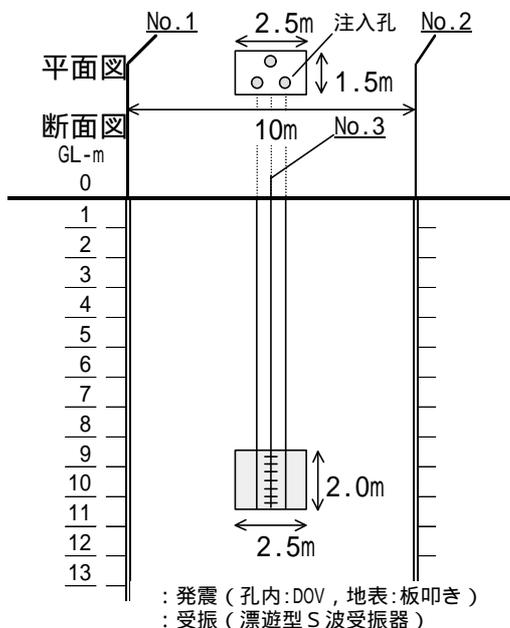


図1 測定ジオメトリ, 薬液注入範囲

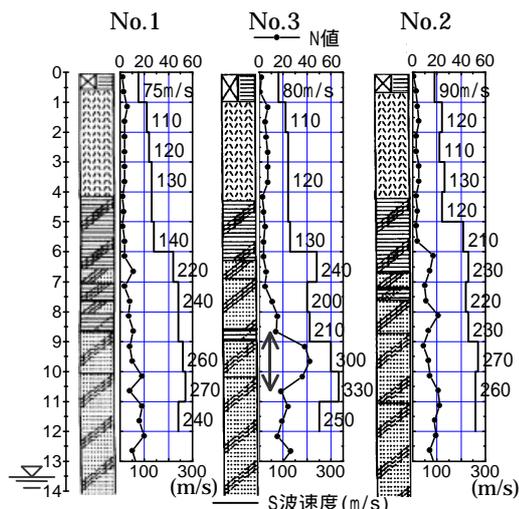


図2 土質柱状図, N値, S波検層結果
No.3孔は地盤改良後 (↑改良範囲)

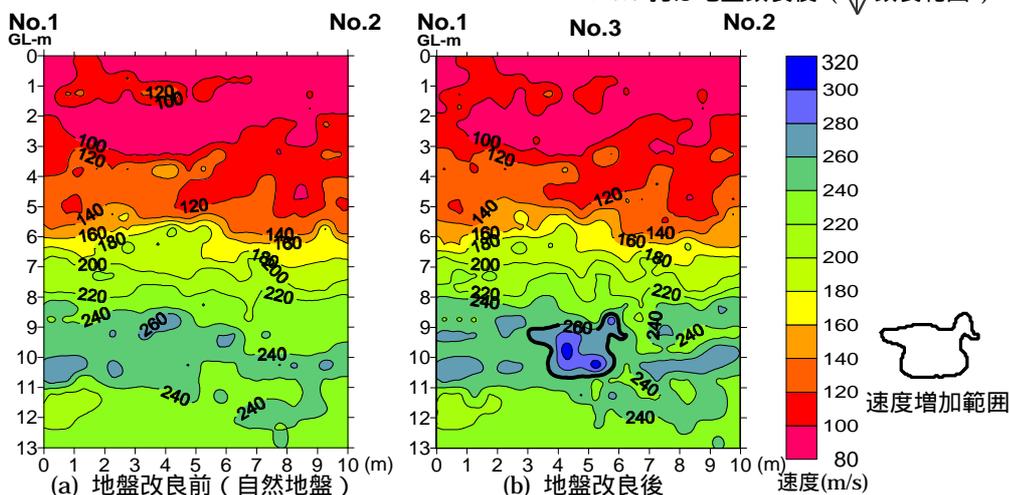


図3 S波速度トモグラフィ結果