

P波の振幅減衰を利用した薬液改良地盤のリアルタイム出来形推定—実証実験の結果—

五洋建設 正会員 ○山下 航洋 堤 彩人 山本 敦
JFE シビル 正会員 榎原 淳一

1. はじめに

薬液注入工法で改良した地盤に対する新しい事後調査方法として音響トモグラフィ法が提案されている¹⁾。これは固結した地盤によるP波減衰をトモグラフィで可視化する手法であるが、作液にマイクロバブル（以下、MB）水を利用することで、固結前の薬液でも振幅減衰効果を得られることが分かっている²⁾。従来、音響トモグラフィ法では解析に時間を要していたが、図1に示すように発振位置と受信位置を直線で結んだ波線経路上で振幅減衰が起きたか否かに注目して、簡易的なリアルタイム出来形推定が可能か、以下に示す実験で検証した。

2. 実験内容

模型実験により改良体のリアルタイム出来形推定の可能性を検討した。実験材料、模型土槽の構造、地盤の作製方法等の実験条件の詳細は文献2)を参照されたい。

図2に実験の模式図を示す。注入速度は22.5mL/minとし、一定速度で60分間注入した。本実験では注入時間60分より長い80分をゲルタイム（以下、GT）として設定した。図3に改良体が真球状に広がった場合の推定の改良径と注入時間の関係を示す。GTを注入時間より長く設定することで、薬液がただちに固結せずに重力で下方に広がるようにした。鉛直方向に薬液の浸透範囲が広がることで、各波線経路の反応により大きな差異が出ることを意図している。

3. 実験結果

発振5ch、受信10chの50経路について測定結果を得た。振幅の減衰幅は波線経路によって異なり、振幅の減少量に対する定量的な評価をすることは困難である。今回の実験では、固結前の薬液がどの程度振幅を減衰させているかを考慮して基準を考える必要がある。図4に示すように、注入口近傍を通る5つの波線経路で振幅減衰を比較したところ、固結前からいずれも-1.0db以上の減衰が見られたことから、-1.0dbを薬液到達の判断基準として注入中の出来形推定を行った。

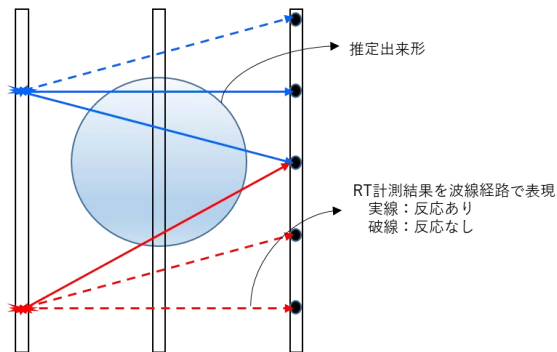


図1 実験コンセプト

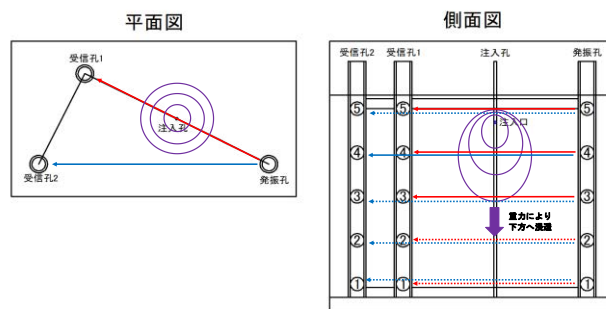


図2 実験模式図

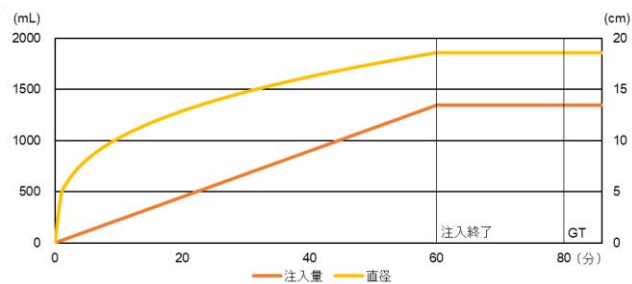


図3 注入時間と改良径の関係

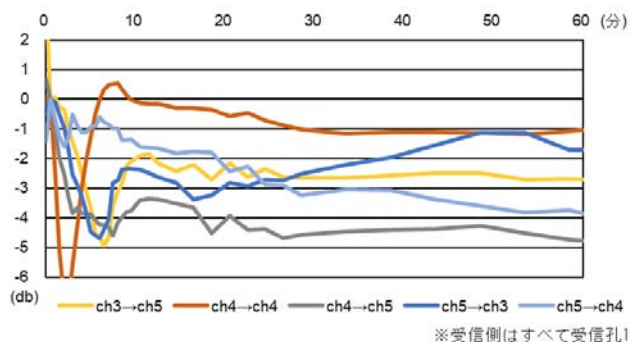


図4 注入口近辺における固結前の振幅減衰

キーワード 薬液注入, P波速度, P波減衰
連絡先 〒112-8576 東京都文京区後楽2-2-8 五洋建設(株) 土木本部 土木設計部 TEL 03-3817-7813

発振孔と受信孔 1 を結ぶ断面で振幅減衰の起きた波線経路と推定される改良体の出来形を描いた図を図 5 に示す。振幅減衰が発生した波線経路を矢印で示し、計測時点での注入量から想定される改良体の推定出来形の断面図を、振幅減衰の見られた波線経路に重なるように紫の円で表わした。注入開始から 180 分経過した計測終了時の図では注入完了後に土槽から取り出した改良体の実測値を元に図化している。注入後の改良体の様子を図 6 に示す。計測終了時点では、改良体の存在しない波線経路でも振幅減衰が起きている。弾性波は最も走時の早い経路を進む性質があり、固結した改良土の影響で回折が起きている可能性が考えられる。固結前であっても ch1 から ch1 へ、ch5 から ch5 へ至る波線経路で改良体が存在しないにもかかわらず振幅減衰が起きている理由も、治具を通じて P 波が受信機へ到達している可能性が考えられる。

受信孔 2 と発振孔を通過する断面については、注入口から上下左右に均等に広がった場合、30 分以上経過するまで薬液が到達しないことが想定される。実際の P 波の測定結果でも 40 分頃まで振幅減衰はほとんど見られなかったため、注入開始から 40 分後、60 分後、180 分後に振幅減衰した波線経路を図 7 で示す。図 5 と同様に、注入量から想定される改良体の推定出来形を、振幅減衰の見られた波線経路に重ねて紫色の円で表した。180 分後の紫色の実線は推定の出来形ではなく、注入後に取り出した改良体の実測値である。

4. まとめ

受信孔 2 の断面では計測終了時点で反応した波線経路は最終的な出来形とおおよそ重なっている。受信孔 1, 受信孔 2 のいずれも、注入中は、注入口付近から振幅減衰が始まって下側へ広がり、最終的な出来形に徐々に近づく傾向が見られた。以上から、波線経路による注入中の出来形推定はある程度妥当性を持つものと考えられる。

一方で、振幅減衰に対する定量的な判断基準が存在しないことは今後の課題であり、注入中の薬液の浸透状況を音波以外の方法でも観測し比較するような試験を行うことで、より信頼性のある注入中の出来形推定方法の確立が可能になると考える。

参考文献

- 1) 榊原淳一・中谷雅也・山尾和行：音響トモグラフィ法を用いた薬液注入範囲の効果確認に関する実験的研究，第 11 回地盤改良シンポジウム論文集，pp.373-376，2014。
- 2) 山下航洋・堤彩人・山本敦・榊原淳一：P 波の振幅減衰を利用した薬液改良地盤のリアルタイム出来形推定—実証実験の方法—，第 57 回地盤工学研究発表会，2022（投稿中）。

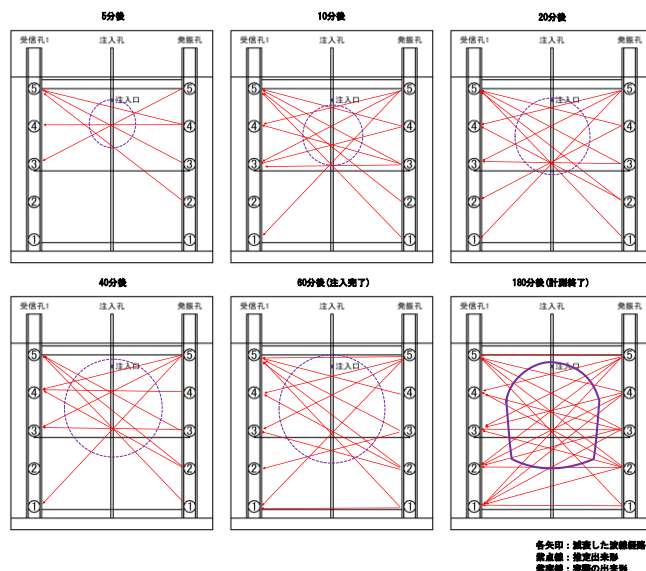


図 5 注入出来形推定(受信孔 1)



図 6 改良体写真

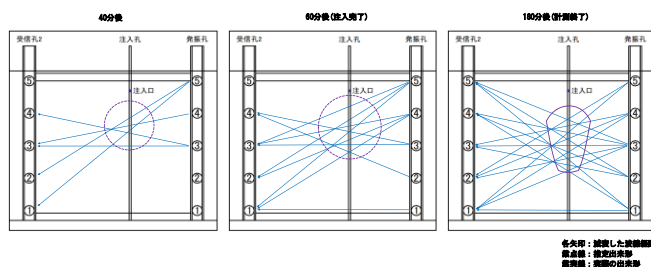


図 7 注入出来形推定(受信孔 2)