

### 音響トモグラフィを用いた不飽和地盤における薬液注入による地盤改良効果の確認

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 澤田 亮  
(株)地域地盤環境研究所 正会員 ○植田康宏, 粥川幸司, 菅茜椽, 山内淑人  
JFE シビル(株) 正会員 榊原淳一

#### 1. はじめに

音響トモグラフィ<sup>1)</sup>は、高い周波数の音響波を発振源とすることによって、従来の弾性波トモグラフィに比べ高精度の探査結果(精度は1.0m以下)を得ることができること、および交通騒音や工場騒音のような暗騒音の影響を受けないこと、さらには擬似ランダム波を使うことによって精度は保ったままでより離れた2孔間(水平距離は100m程度)での探査が可能であること、等の特徴を有する物理探査手法である。これによって、都市部での地下構造物設計等で要求される精度(例えば杭基礎の支持層確認や地盤の連続性評価)を十分満足し、また交通規制や作業時間の制約を受けずに探査が実施でき、さらにボーリング調査を密に実施することに比べてより経済的となる等、都市土木の分野で十分実用に耐え得る探査手法に位置付けられるようになった。

筆者らは、これまで音響トモグラフィの一つの活用方法として、薬液注入工による改良効果(特に改良範囲)の判定を目的とした事例について報告した<sup>2)</sup>。その結果、P波速度と本手法の特徴の一つである減衰率の変化を併せて考慮することにより、精度良くかつ面的に改良範囲を特定できることを示した。本報告は、前回の適用事例が比較的均質な砂礫地盤であったのに対し、より複雑な性状を持つ地盤への適用事例を報告するものである。

#### 2. 薬液注入工の効果判定

**探査概要:** 対象とした地盤改良工は、**図-1**に示すように開削工法において地下構造物を設置する工事での止水目的で施工される薬液注入工である。周辺地盤では以前に高圧噴射攪拌工法による地盤改良が部分的に行われており、複雑な地盤状況を呈している。薬液注入工は、水ガラス系材料を浸透注入する複相式二重管ストレーナ工法で施工された。当該地の地層は、N値10以下の沖積粘性土が主体で、GL-8.36~10.26mに沖積砂質土層を挟んでいる。また、GL-15.26~17.16mにはN値50以上の洪積砂礫層があり、その下部GL-17.16m~22.26mにはN値10程度の粘性土層が存在する。薬液注入工の深さ方向の範囲はGL-6.76~18.16mで、砂質土層~粘性土層~砂礫層と上下端の粘性土層の一部をカバーしている。地下水位は、GL-7.07m(探査実施時)であった。

音響トモグラフィ探査は**図-1**に示す断面で、薬液注入工の施工前(事前)と施工後(事後)の2回実施した。探査範囲は、薬液注入による改良範囲を挟んで水平距離10.11m、深度GL-19.50mである。なお、事後の探査において受信孔の深度がGL-16.68mとなった。これは、受信孔がVP50の有孔管であったことと改良範囲の近傍に位置していることより、薬液が孔内に浸透し受信孔下端の約2m分が固結したために受信器が挿入不能になったものと考えられる。

**探査結果:** 探査結果として、**図-2**に波線図(受信孔に到達した波)、**図-3**に減衰率分布図を示す。それぞれ、(a)図は事前、(b)図は事後の状況である。**図-2(a)**より、事前には、地下水位以下であってもGL-11.0m以浅では音響波が到達していないことや、既存の地盤改良の範囲で

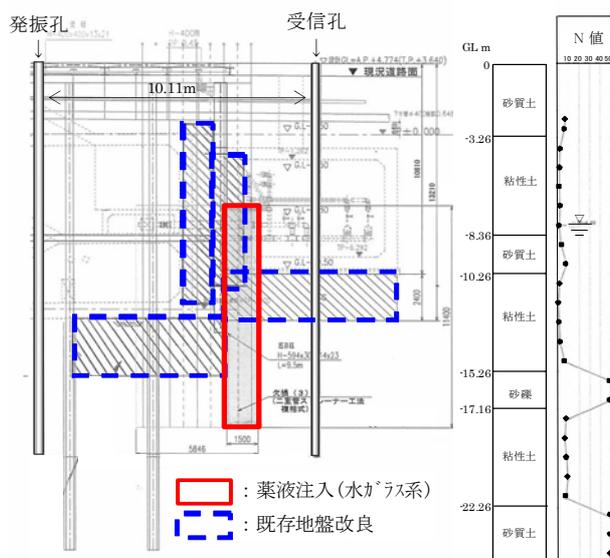


図-1 調査位置断面図

キーワード 現地調査, トモグラフィ, 音響波, 減衰率, 薬液注入工法  
連絡先 〒550-0012 大阪市西区立売堀4丁目3番2号 TEL 06-6539-2971

はその他の深度に比べて到達する音響波が少なくなっていることが分かる。これに対して、図-2(b)では、GL-9.0m以深で音響波が到達しており、既存の改良区域でも音響波の波線密度が事前に比べ密になっていることが分かる。また、図-3の減衰率分布において、両者を比較すると、特に既存の改良域の下方地盤において減衰率が小さくなっていることが分かる。

これらは、薬液注入工を施工することによって当該地盤における音響波の伝播が容易になったことを示している。これは、既存の地盤改良の施工時に気泡による空隙が地盤中に発生し、このことが飽和度の低下をまねき音響波を伝達し難くしていたものと考えられる。これに対して、事後は薬液注入工によって空隙中に薬液が浸透したことやその止水効果によって飽和度が上昇したために音響波が伝播し易くなったものと推定される。

このことは、元々空隙の多い飽和度の低い地盤に薬液注入による地盤改良を実施した場合には、音響波が伝播し易くなることと減衰率は低下する、ということからその改良効果の評価が可能になることを示唆している。

3. まとめ

飽和度の低い地盤を対象に、薬液注入工による改良効果を確認するために音響トモグラフィを適用した。その結果、施工前には音響波の伝播し難かった地盤が、施工後には音響波が伝播し易くなり減衰率が低下することで薬液注入工の効果が確認できた。前回の適用事例では、薬液注入による地盤特性の変化として、P波速度は遅く減衰率は大きくなることが報告されている。これは今回とは逆の結果となっているが、前回の事例では飽和状態にあった空隙中の水が改良域ではゲル状の薬液に置き換わったことに起因していると考えられる。このように、地盤改良等による状態の変化を把握するときには、事前の地盤状況を的確に見極め、適切に探查結果を判断することが重要である。

参考文献

1) 榊原, 山本: 高周波の弾性波を用いた高精度地盤調査手法の開発, 土木学会論文集 C, Vol.65, No.1, pp.97-106, 2009年2月, 2) 澤田, 後藤, 粥川, 山内, 早川, 榊原: 音響トモグラフィを用いた薬液注入による地盤改良の効果確認, 土木学会第64回年次学術講演会, pp.371-372, 2009年9月

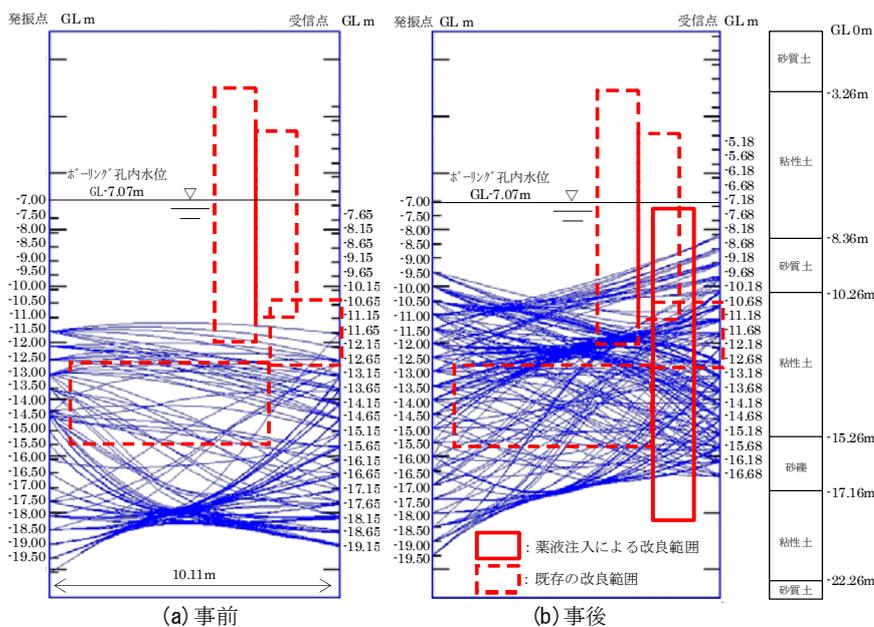


図-2 波線図

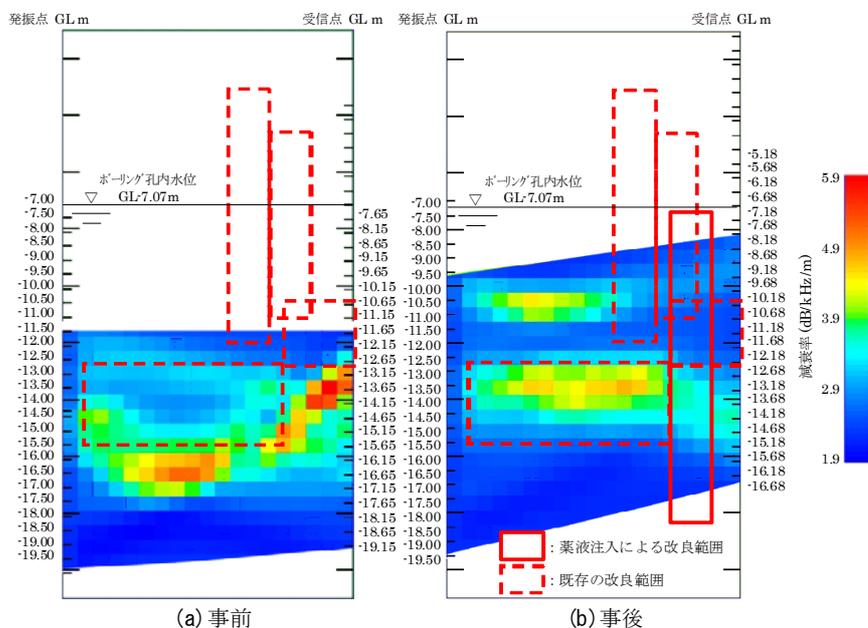


図-3 減衰率分布図