

音響トモグラフィを用いた地盤構成の面的評価事例

物理探査, 音響トモグラフィ, 可視化

大成建設株式会社関西支店
株式会社地域地盤環境研究所 正会員
J F E シビル株式会社

栢分国治 奥田英幸
山内淑人 ○書川康一
正会員 榊原淳一

1. はじめに

住之江下水処理場雨水帯滞水池並びに住吉川耐震護岸(2工区)築造工事は、大阪市の合流式下水道緊急改善事業の一環で河川下に計画されている。掘削における被圧地下水による盤ぶくれ対策は、遮水壁工とリリーフウェルによる揚水を実施する。現在は右岸側遮水壁の造成が完了した状態であるが、遮水壁根入れ先端部の粘性土層は複雑な地層であったため、その分布状況や性状を確認するために多数の調査ボーリングを実施し対応した。今後、同様の工事が実施される左岸側では、効率的に精度の高い調査を行うため、ボーリング調査と合わせて地盤構成の概要を面的に把握することを目的とした音響トモグラフィ探査¹⁾を実施した。本稿では、音響トモグラフィ探査結果について述べる。

2. 工事概要及び地盤概要

工事概要図を図-1に示す。現場は河川内であり、右岸側完成後に左岸側工事を行う計画である。右岸側の掘削範囲は幅18m、長さ137m、掘削深さは河床面から10m~15mで、鋼管矢板の土留め壁がDc2層に根入れされている。また、鋼管矢板の直下に設けたPJG-L工法(高圧噴射攪拌工法)による遮水壁は遮水層(Dc4層)に1m根入れされ、2つの被圧帯水層(Dg2層およびDs2層)を遮水している。

また、揚水時の遮水壁外側の地下水水位低下による護岸や送電鉄塔等の周辺構造物への影響が厳しく制限されており、遮水壁は目標とする遮水性能確保が必須条件であった。遮水壁の造成にあたっては、遮水性能確認試験(揚水試験)により遮水壁の遮水性弱部を推定するとともに、漏水原因を確認するためのボーリング調査を実施した。その結果、遮水壁根入れ先端部のDc4層は、以下のようにその分布状況(層厚・連続性・深度)や性状が不均質で遮水層として問題があることが判明した。

- ① 砂・シルト・粘土の互層状態であり、互層の各層は近接した調査孔でも明確な連続性が見られない。
- ② 粘性土は10~40%以上の砂分を含む。
- ③ 孔間距離1.8mの近接した調査孔で上端深度に約1mの差が見られるなど、局所的に上端深度と層厚に大きな違いがある。

このような複雑な地盤となった要因としては、当現場が沖積低地である大阪海岸低地(西大阪平野)に位置しており、旧河川等によって狭い範囲で繰り返し削剝を受け、複雑な堆積環境のもとで局所的な土層の違いが生じたものと考えられる。

3. 左岸側の調査方針と音響トモグラフィ探査の特徴

左岸側についても同様の複雑な地層であることが想定されたため、地盤構成の概要を面的に把握して地盤構成が複雑または不明瞭などの問題箇所を抽出した後、問題箇所のボーリング調査を行い、これらの結果を合わせて効率的に精度の高い地盤評価を行うこととした(図-2参照)。

地盤構成の面的調査を目的とした探査方法は、弾性波

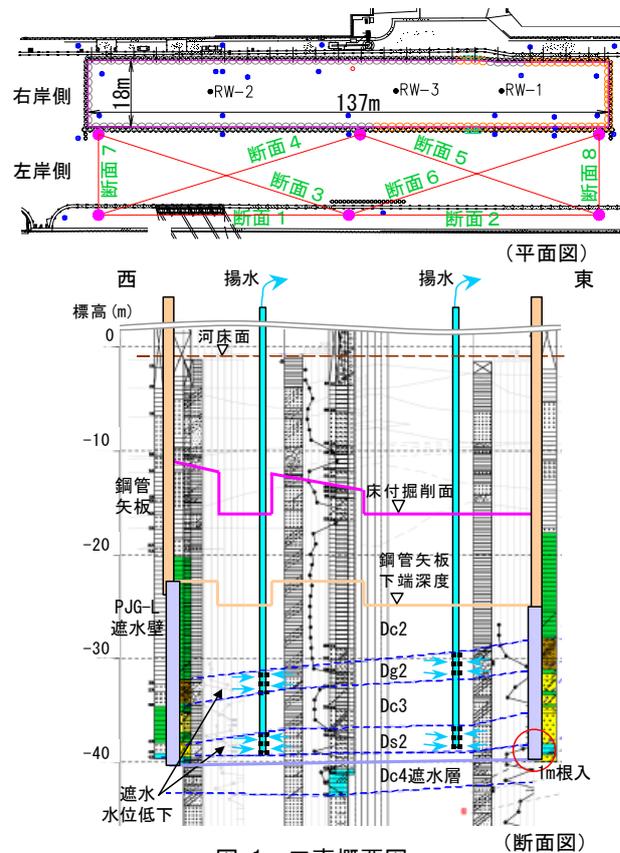


図-1 工事概要図

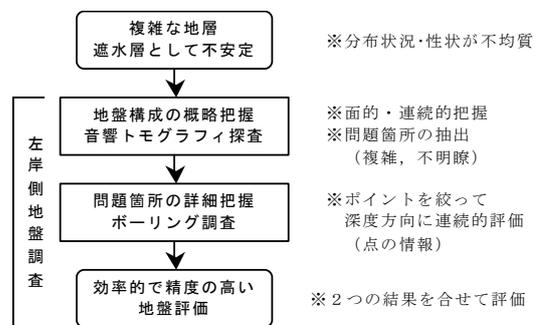


図-2 左岸側の地盤調査方針

A Report of High Resolution Geological Survey by Acoustic Tomography

Kuniharu KAYAWAKE & Hideyuki OKUDA(Taisei Corporation), Yoshito YAMAUCHI & Kouichi KAKIKAWA (Geo-Research Institute), Junichi SAKAKIBARA(JFE Civil Engineering & Construction Corporation)

探査や高密度電気探査等があるが、探査範囲や精度など当現場への適用性を考え、以下の特徴^{2),3)}を有する音響トモグラフィ探査を用いることとした。

- ①2本の計測孔間の地盤構造を「速度分布図」と「減衰率分布図」により連続して可視化できる。
- ②計測孔のボーリング調査結果と合わせて地盤の2次元構造を連続して評価できる。
- ③点の調査(ボーリング調査)では検出できなかった局所的な変化や計測孔間の変化を把握できる。
- ④1kHz以上の高周波数の音響波を伝播させることにより、トモグラフィを用いた他の手法に比べて広範囲(最大100m区間)かつ高精度(分解能≒1m)での地盤評価が可能である。

4. 音響トモグラフィ探査結果

今回の探査は、図-1に示す断面1～8の8断面で実施した。このうち左岸護岸部(土留め壁・遮水壁造成ライン)の断面1～2における結果(減衰率分布図)を図-3に示す。全体的に見ると減衰率分布のカラーリングから、探査範囲上部のDc2層(濃い青)以深の地盤は3つのゾーン(上部、中部、下部)に分けられる。以下、各ゾーンについて述べる。

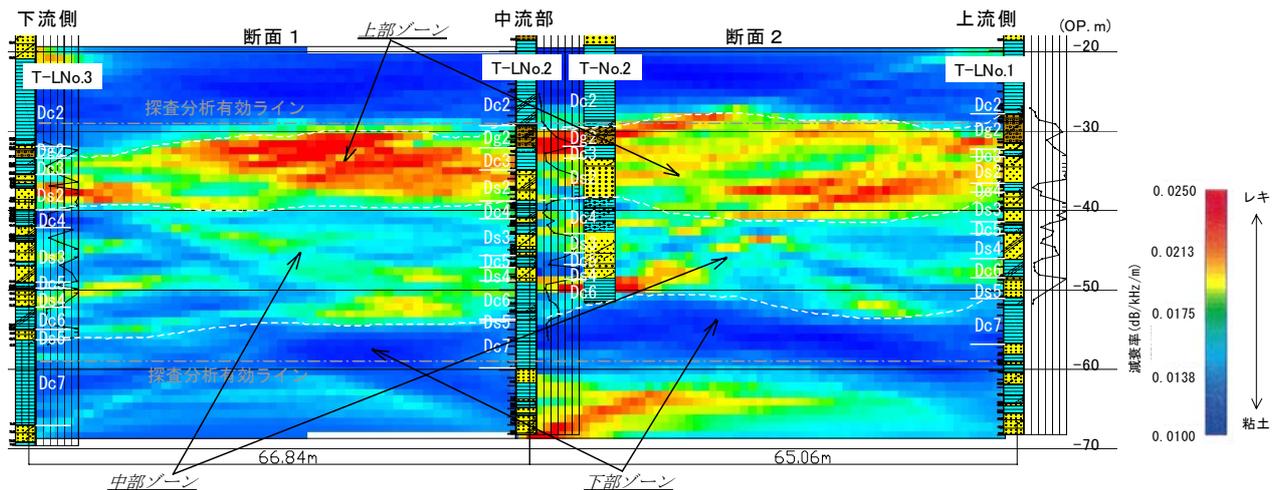


図-3 音響トモグラフィ探査結果 (減衰率分布図)

- ①上部ゾーン：減衰率の高い層(濃い赤～黄緑)が分布しており、柱状図と合わせてみるとDg2・Dc3・Ds2層の土層区分を表現しているものと考えられる。下流側では減衰率の高い礫～砂が多く見られ、上流側については礫分(赤)がやや少なく砂分(黄)が優勢である。
- ②中部ゾーン：主に上部ゾーンと比べて減衰率の低い層(黄緑～水色)が分布している。このゾーンの上端は、Dc4層の上端と考えることができる。Dc4層の上端ラインは、断面1ではほぼ水平であるが、断面2では中流から上流側に向かってやや下がり上流側では反り上がる傾向が見られるなど、ボーリング調査結果から推定される直線的なラインと異なる結果が得られた。柱状図と合わせてみるとDc4層～Ds5層が存在するが、各土層の減衰率に明確な差が見られず、その分布状況は不明瞭である。ボーリング調査結果によると、各層の層厚は概ね1～3mと薄く、粘性土層は砂質シルトや砂質粘土、砂質土層は粘土質砂やシルト質砂などから成る層である。
- ③下部ゾーン：全体的に中部ゾーンの直下に減衰率の低い層(濃い青～水色)が存在しており、中部ゾーンと区分することができる。柱状図と合わせてみるとDc7層に相当するものと考えられ、上端深度は柱状図と大きなズレは見られないものの計測孔間で変化しており、特に断面2では約3mの高低差がついていた。

5. おわりに

音響トモグラフィ探査の結果、土質区分が明確な上部ゾーンの礫～砂層および下部ゾーンの均質で層厚の厚い粘性土層の区分ができ、左岸側工事で遮水層として検討されているDc4層とDc7層の上端深度分布が直線的でなく曲線に変化していることが確認できた。今後は、この結果を基にボーリング調査を追加し、遮水層の分布状況等を精度良く把握していく予定である。また、中部ゾーンについては、減衰率の差による詳細な土層区分が表現できていないなどの課題が残った。新技術である音響トモグラフィの今後の課題としては、微小な減衰率の差をフォーカスした解析など解析手法による精度向上の検討が必要と考えられる。最後に、本報告が今後の類似工事に対する一助になれば幸甚である。

謝辞：本工事の施工計画から工事完了に至る過程において、多岐にわたりご指導をいただいた発注者関係各位に深謝の意を表する次第である。

《参考文献》 1) 榊原淳一：音響トモグラフィを用いた新しい地盤評価技術，基礎工Vol.33 No.9, pp81-83, 2005. 2) 山内淑人，譽田孝宏，榊原淳一，吉塚守，睦角英男：音響トモグラフィを用いたトンネル施工地盤詳細評価，土木学会第63回年次学術講演会講演概要集, pp551-552, 2008. 3) 澤田亮，山内淑人，粥川幸司：動態観測への音響トモグラフィ技術の適用について，地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム2012論文集, pp145-150, 2012