

音響波を利用した埋設管調査

川崎地質株式会社 ○糟谷 徹勇, 佐藤 直, 近藤 勉

1. はじめに

シールド施工による既設の基礎杭や埋設管等の地下埋設物との接触事故を回避するため、事前の資料収集調査やボーリング等による詳細調査は非常に重要となる。また、地下埋設物の存在は明らかであっても、竣工図面等が不鮮明であったり、周辺地盤の沈下等の影響がある場合等、計画されているシールド通過深度と地下埋設物の近接程度の事前確認を必要とする場合もある。本稿は、土被り 50m 程と深いシールド計画路線と既設の埋設管が交差する箇所において、ボーリング及び音響波を利用した探査を行って、シールド天端と埋設管との離隔を確認調査した事例について報告する。

2. 調査概要

(1) 経緯

シールド計画路線と既設の埋設管が交差する箇所があるため、埋設管の管理者から竣工図等の資料を再度収集し、シールドとの位置関係を精査した。結果、既設の埋設管とシールド天端の離隔が 2~3m と近接することが分かった。埋設管は昭和 57 年に竣工され、図面も不鮮明で詳細な離隔の読み取りは困難であったこと、周辺の地盤沈下の影響も考えられたため、現在における埋設管の深度や計画シールドとの離隔を明確にする必要があった。

(2) 地下埋設物の情報

シールドと近接する地下埋設物は、φ2150mm の铸铁製の埋設管で、シールド交差箇所における土被りは GL-45m 程で、シールドは埋設管の下を通過する計画である。

(3) 鉛直磁気探査における問題点

磁気を帯びた地下埋設物調査として一般的に多用されているのはボーリング孔を利用した磁気探査であるが、ボーリング孔は、対象とする地下埋設物の端部より 1m 以内¹⁾(図-1)に設置しないと磁気反応が検出されない。今回の対象とする埋設管は土被りが 45m 程と深く、かつ砂礫層が 12m 程と厚く堆積している地盤条件であるため、孔曲がりの程度が大きくなり、磁気探査の適用は困難であった。

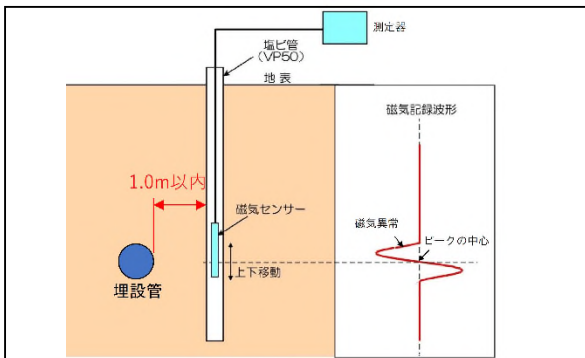


図-1 鉛直磁気探査の概要図

(4) 音響波を利用した探査の提案

調査地の地盤構成は、上位より洪積層の砂泥層、砂礫層、泥岩層の層序であり、地下埋設管は均質な泥岩層中にある。そのため、音響波であれば音波の速度や減衰によって泥岩層中の異質物（埋設管）の検出が可能と考えた。また、ボーリングによる孔曲がりが生じたとしても、受信・発振側の2本のボーリング孔間が15m 以内であれば、データ精度も確保できる²⁾ことから、音響波を用いた探査（以下、音響トモグラフィ）を提案し実施した。

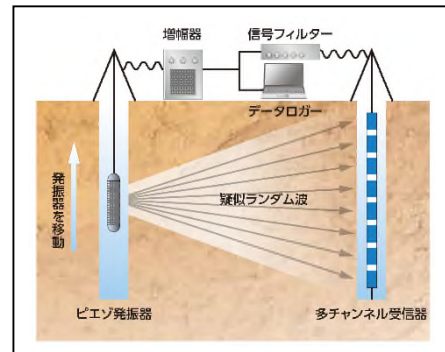


図-2 音響波を利用した探査の概要図²⁾

(5) ボーリング地点の配置

埋設管を挟むように2箇所をボーリング地点を配置した。ボーリング掘削による埋設管破損事故を避けるためにも孔曲がりの影響を想定し、埋設管端部から 2m 以上の離隔を設け、2点のボーリング孔間は 6.5m とした(図-3)。

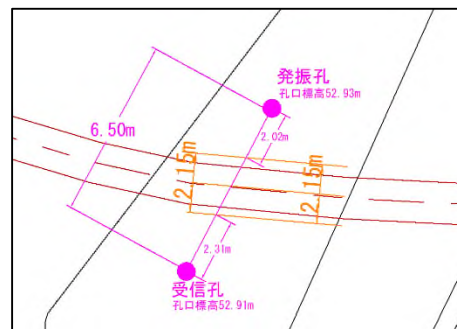


図-3 ボーリング配置図

(6) 周波数及び探査手順

音響トモグラフィの探査手法は、地下構造を把握するために広く利用されている弾性波トモグラフィとよく似ている。弾性波トモグラフィと異なるのは、振源が発する疑似ランダム波（超音波と地震波の間の周波数）という特殊な連続波を用いることである（表-1）。

表-1 各手法の発振周波数²⁾³⁾

探査手法	音響トモグラフィ	弾性波トモグラフィ
発振周波数 (kHz)	1~10	0.1~0.5

地下埋設管を対象とした探査断面図を図-4に示し、探査手法は次の①~⑤の順番で実施した。

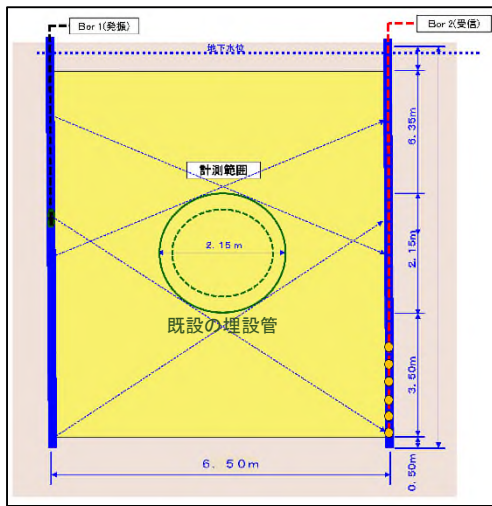


図-4 探査孔と埋設管の断面図

<探査手順>

- ①ボーリング孔に発振器・受信器を設置する。
- ②所定の深度に設置した受信器に対して、発振器を段階的に引き上げて音の波線が対象領域全体を切るように計測する。
- ③全ての発振位置において受信記録から波形の読み取りを行い、到達時間(速度)と受信音圧(減衰率)を求める。
- ④数値解析の逆計算と呼ばれる解析手法によって、音の伝播経路解析を行い理論値と観測値の差から対象領域の速度と減衰率の分布を求める。
- ⑤速度と減衰率の分布の解釈によって、対象領域内にある埋設管の位置を把握する。

なお、探査結果の精度を保持するため、孔曲がり測定を併用し発振・受信深度の深度を補正する。

3. 調査結果

(1) 現地測定記録

各発振深度の内から受信波形記録の例として、発振深度を埋設管の中心深度としたときの記録を図-5 に示す。縦軸は受信深度(標高)、横軸は時間(ms)である。図中の受信波形において、振幅(受信音圧)の小さい部分が見られ、埋設管の影響を受けている範囲が明確であった。

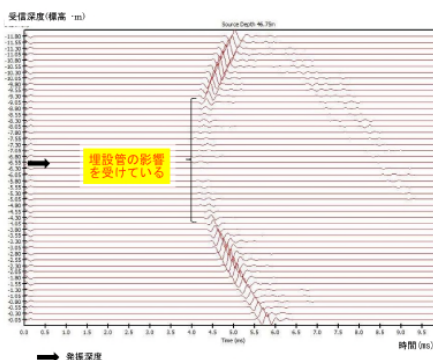


図-5 埋設管中心深度にて発振した際の受信波形結果

(2) 調査結果トモグラフィ(逆計算結果)

対象断面の初期モデルを作成し、各発振点・受信点のペアについて速度と減衰率の理論値を求め、観測値との

差を計算し、その差が最小となるように逆計算を繰り返した。最小となった段階で反復計算を終了し、速度及び減衰率分布図を作成した。

速度分布図及び減衰率分布図を図-6に示す。減衰率分布図より、2.2m(標高+5.5~+7.7m)の範囲に高減衰率が認められ、概ねφ2150mm埋設管と同じ大きさの範囲であることを確認した。

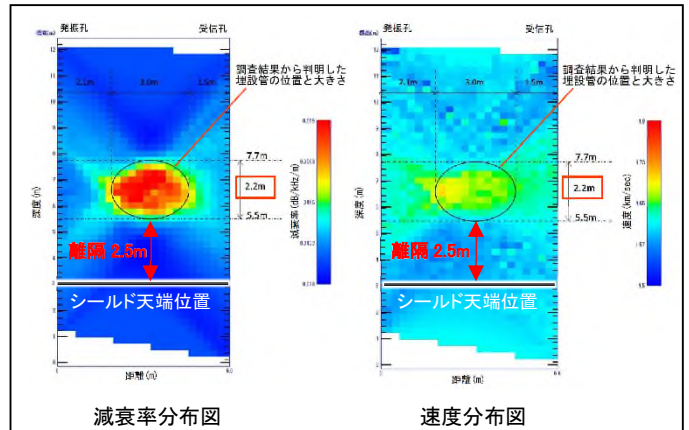


図-6 探査結果図(音響トモグラフィ)

4. まとめ

音響トモグラフィにより、地下埋設管の下端は標高+5.5mにあり、計画されているシールド天端(標高+3.0m)との離隔は2.5mであることを確認した(表-2)。

表-2 調査結果一覧表

高さや離隔	竣工図より	今回調査より
シールド天端高	標高+3m	
埋設管の下端深度	標高+5~+6m	標高+5.5m
離隔	2~3m	2.5m

5. おわりに

今回のように、地下埋設物周囲の地盤が泥岩等で均質な条件では、速度分布よりも減衰率分布によって物性変化を明瞭に検出できると考える。また、孔曲がり等の影響が大きく、磁気探査等の手法が適用困難な場合でも、本探査手法の活用は有効であると考えている。

今後、同条件の業務等で、本事例の経験を活かして積極的に計画立案・提案していく所存である。

《引用・参考文献》

- 1) 橋梁基礎構造の形状及び損傷調査マニュアル(案)(1999):旧建設省土木研究所他,磁気探査を用いた橋梁基礎の形状調査法マニュアル(案) p.7.
- 2) 音響トモグラフィの地盤探査 総合カタログ:JFEシビル株式会社 社会基盤事業部
- 3) 榊原淳一,山本督夫(2009):高周波数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,65巻(2009)1号,p.97-106.