

単一孔反射法弾性波探査による埋設物の調査

鹿島技術研究所 正会員 ○山本拓治 正会員 白鷺卓 正会員 村上浩次
C-Thru Ground 非会員 Descour, J. M.

1. はじめに

都市部の地中線形構造物の建設では、設計図面に記載されていない地中埋設物や想定外の地質の出現が施工の進行に与える影響は大きい。これを解決する手段としてボーリングによって地中の状況を直接確認することも可能ではあるが、工期、工費、用地の問題による制約が大きい。そこで、できるだけ少ない本数のボーリング孔で地中をイメージする技術の開発が望まれている。

地中を対象とした物理探査手法のうち、2本以上のボーリング孔を利用した探査手法について、著者らはこれまでに3次元孔間弾性波トモグラフィ探査手法を開発し、いくつかの現場で適用してきた^{1) 2)}。この手法は孔間を伝播する弾性波から詳細な地盤構造を検出することが可能であるが、都市部における土砂地盤内の埋設管を探査する場合、一般に管の中は空洞のため低速度、管自体は周囲の地盤より高速度となり、一解析要素の中に低速度と高速度が混在するためイメージは不明瞭で、埋設管の検出は困難になる。また、2本以上のボーリング孔が必要なため、都市部での探査では地上構造物の制約を受けるなどの理由で実施できない場合がある。

一方、単一のボーリング孔を利用する探査手法もこれまでいくつか開発・適用されてきた。その主なものとして、速度検層やボアホールレーダ反射法等がある。前者はボーリング孔壁面に沿った地盤の弾性波速度分布を詳細に把握することができるが、振源エネルギーが小さいためボーリング孔から離れたところに存在する地質境界面や地中構造物を検出することはできない。また、ボアホールレーダ反射法は孔内から電磁パルス波を発信し、その反射波を受信することで孔周辺に存在する地質境界や地中構造物を検出することが可能であるが、高周波であるため減衰が著しいことから探査可能な領域が孔から数mと限られた条件での適用となる。

以上のような背景から、弾性波の反射法をひとつのボーリング孔内で実施可能な探査技術を開発した³⁾。今回、土砂地盤における下水道トンネルを対象に孔間弾性波トモグラフィと比較することにより、埋設物探査としての有効性を確認したので以下にその概要を報告する。

2. 探査手法の概要

図-1に示すように、本手法は孔内外で発生させた弾性波のうち地質境界面や地中構造物から反射された波形を孔内に設置した受振器で観測し、これらを解析して反射面の位置を特定する探査技術である。

探査時に記録された発振点と受振点間の距離と直接波の走時から2点間の地盤の平均弾性波速度が求まる。これら受振点と発振点はともに多数有り、全ての組合せの弾性波速度から孔周辺の地盤の平均弾性波速度を算出する。本手法では特段の場合を除き、孔を含む解析領域内ではその平均弾性波速度が一様に分布していると仮定する。そして、直接波の後に観測された反射波の走時（伝

播時間）と前述の平均弾性波速度を用いて発振点→反射面→受振点の距離である反射波線経路長を求める。反射面は発振点と受振点をそれぞれ焦点とし、反射波線経路長によって導かれる楕円球面によって表すことができ、多くの発振点-受振点の組合せによる楕円球面が重なる位置を地質境界面として評価する。本手法では受振点は基本的に孔内に限られるが、発振点は孔内だけでなく、地表面上にも設定することができる。これにより、いくつかの楕円球の長軸がボーリングの線形からずれるため、軸対称性を回避し、境界面までの距離だけでなく方向も推定できるようになる。

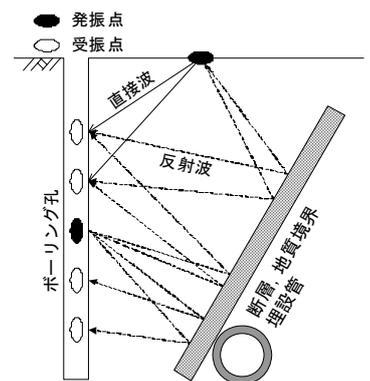


図-1 探査手法概略

キーワード 単一孔, 反射法, 弾性波探査, 埋設管

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島技術研究所 岩盤・地下施設グループ TEL 0424-89-7077

3. 探査結果

探査目的は100年前に設置されたコンクリート製の下水道トンネルの位置を推定することである。平面的な線形は把握されていたが、その深度は不明であった。この目的のために3次元孔間弾性波トモグラフィと単一孔反射法弾性波探査を実施し、各探査の精度と適用性を検討した。図-2は3次元孔間弾性波トモグラフィの孔配置と予想された下水道トンネルの平面位置である。下水道の外径は3.3m、4本の調査孔は直径76mm、長さ16.0mである。発受振点間隔は0.5mとした。図-3は孔間弾性波トモグラフィによる探査結果の断面図である。この図によると、上下に速度変化面が存在するが、トンネルの位置は明確に判別できない。一方、図-4は単一孔反射法弾性波探査による解析結果である。この図を見ると明らかなように、予想されるトンネル位置の周辺に多くの反射面が存在し、その内部には反射面やノイズが存在しないことがわかる。また、マンホールが予想される位置にも同様の反射面分布が認められた。

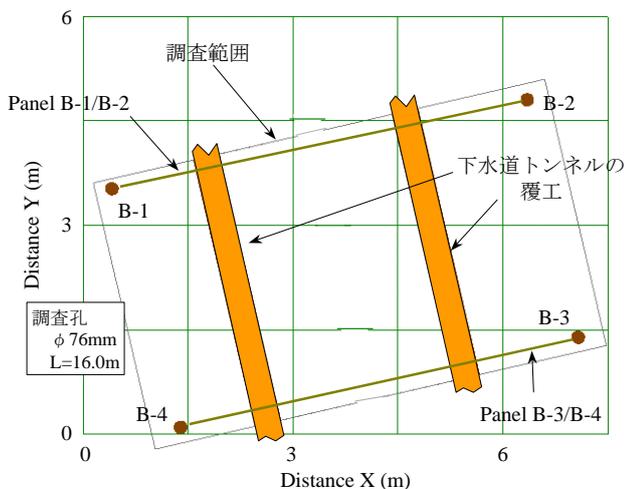


図-2 調査孔と下水道トンネルの位置平面図

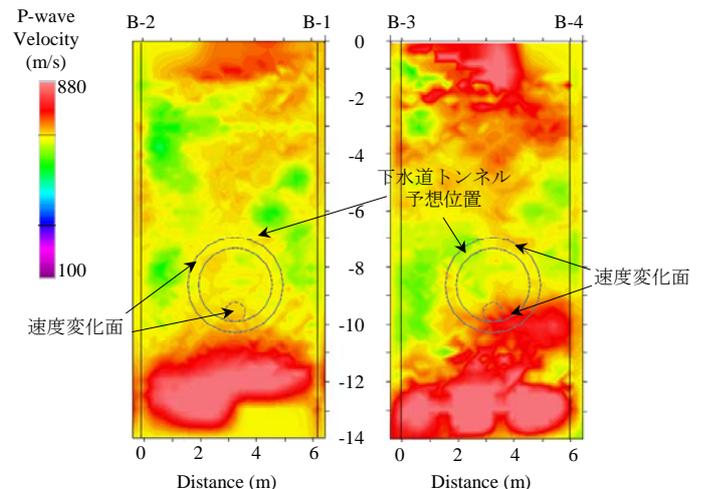


図-3 孔間弾性波トモグラフィによる探査結果

4. おわりに

反射法によるトンネル切羽前方探査技術を応用し、地盤中に削孔された一本のボーリング孔で発振と受振の両方を行う単一孔反射法弾性波探査手法の開発を行い、都市部における土砂地盤内の埋設管を対象に3次元孔間弾性波トモグラフィとの比較実証試験を行った。その結果、孔間弾性波トモグラフィでは埋設管の位置を明確に検出できなかったが、単一孔反射法弾性波探査では反射面やノイズが存在しない空白ゾーンとして推定することができた。

参考文献

- 1) 白鷺卓, 山本拓治, 住田徹, 西岡和則, 青木謙治: 弾性波トモグラフィによる立坑周辺地質の3次元探査結果 土木学会第57回年次学術講演会講演概要集 pp465-466 2002
- 2) 山本拓治, 白鷺卓, 富田諭, 青木謙治: 3次元孔間弾性波トモグラフィによるグラウト効果の評価 第32回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集 pp203-208 2003
- 3) 村上浩次, 山本拓治, 白鷺卓, 戸井田克: 単一孔反射法弾性波探査手法の開発 第35回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集 pp165-170 2006

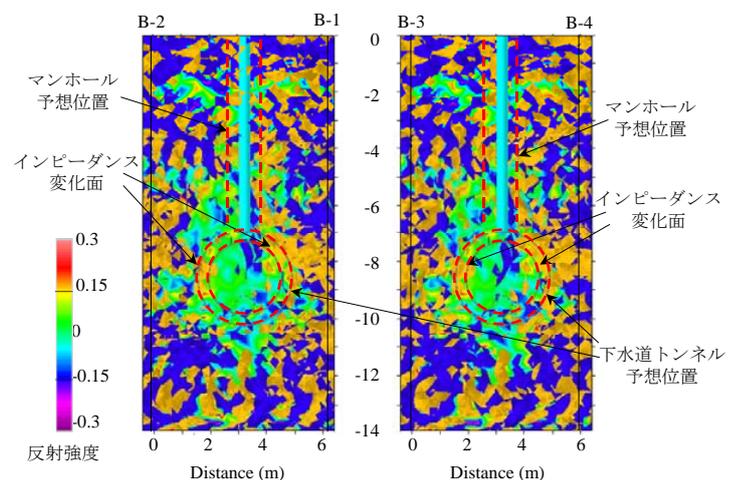


図-4 反射法弾性波探査による探査結果