

音響トモグラフィを用いたトンネル施工地盤詳細評価

西日本高速道路 正会員 吉塚 守, 非会員 陸門英男
 地域 地盤 環境 研究所 正会員 山内淑人, 髙田孝宏
 J F E シビル 正会員 榊原淳一

1. はじめに トンネル建設計画において、地下水も含めた詳細で連続した地盤情報を把握しておくことは、経済的かつ安全なトンネルの設計や施工をおこなう上で重要なポイントとなる。特に、断層等の地盤の不連続部、特殊な地層や施工条件を考慮しなければならない工事区域において、詳細かつ連続した地盤情報を把握しておくことは、補助工法等の適切な設計や、施工時の安全性確保のために必要である。今回の探査は、音響トモグラフィ技術^{1),2)}を用い、トンネル施工区間における詳細な地盤構造を把握することを目的として実施したものである。

2. 音響トモグラフィ探査原理 音響トモグラフィ探査とは、2つの計測孔の一方を発振孔、他方を受信孔として、2孔間で計測されたデータに基づき、音響波の伝播速度と振幅減衰を算出し、計測断面における地盤情報を可視化するものである。既存の弾性波探査法と異なるのは、アメリカ海軍のソナー探査技術を地下水位以下の地盤内に適用することにより、周波数および音圧を制御した発振をおこなうことであり、その結果、高い周波数の音響波を遠くまで伝播させることが可能となった。地盤中における音響波の伝播イメージを図1に、他の探査手法との計測範囲および計測精度の比較を図2に示す。

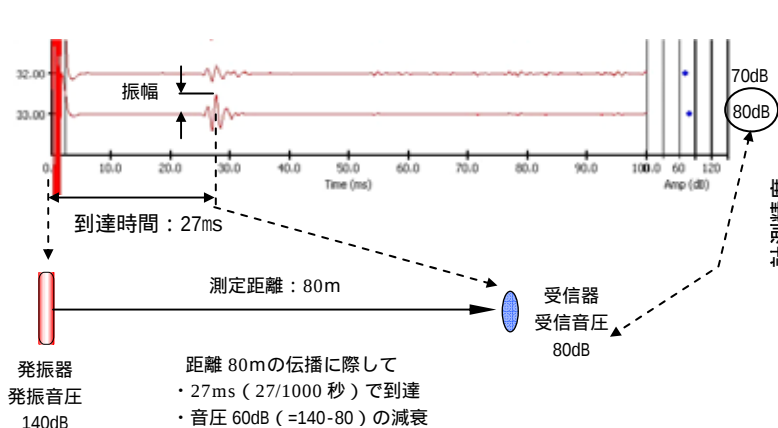


図1 地盤中における音響波の伝播イメージ

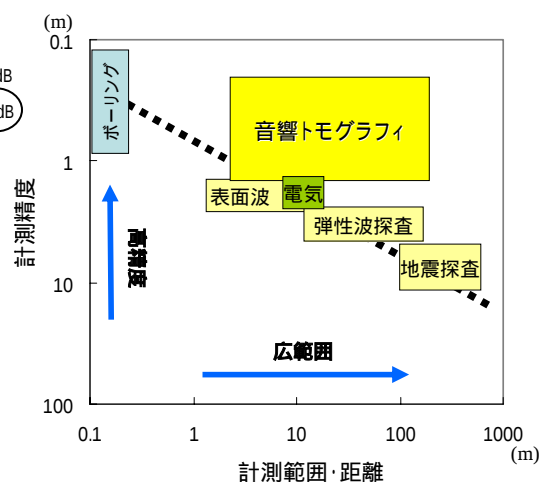


図2 計測範囲と計測精度の比較

本手法は、発振信号に疑似ランダム信号を用いて、連続波の特徴である周波数と振幅の正確な制御とパルス波の特徴である到達時間の計測を可能としている。つまり、発振波と受信波が同じ疑似ランダム信号を有しているため、これらの波形の相関関係から地盤状況に対応した到達時間と振幅が正確に求められる(図1参照)。よって、従来の手法では、地盤内の伝播速度しか得られなかったが、本探査では、振幅変化情報も正確に取得することができるため、速度分布と伝達波の振幅減衰分布の2つの視点を用いて、図2に示すような広範囲かつ高精度計測が可能となっている。

3. 音響トモグラフィ探査状況 本探査で用いた音響トモグラフィ探査の計測レイアウトを図3に示す。なお、発振孔および受信孔とも既存の調査孔を用いたため、発振孔側は斜孔となった。

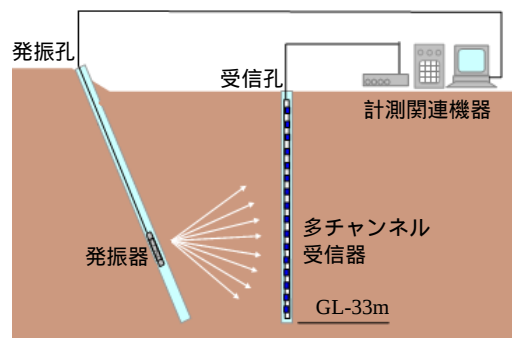


図3 計測レイアウト

キーワード：音響波、トモグラフィ、地盤可視化、疑似ランダム信号

連絡先：〒810-0074 福岡市中央区大手門3-5-1, TEL: 092-762-8650, FAX: 092-726-3877

4. 音響トモグラフィ探査結果と考察 音響トモグラフィ探査によって判明した結果のうち、解析によって得られた P 波速度および音圧減衰率の最小値を基準とした、それぞれの相対値に基づく P 波速度分布および音圧減衰率分布を整理したものを図 4～5 に示す。既存のボーリング調査結果と合わせて、これらの探査結果から判明した知見を以下に列挙する。

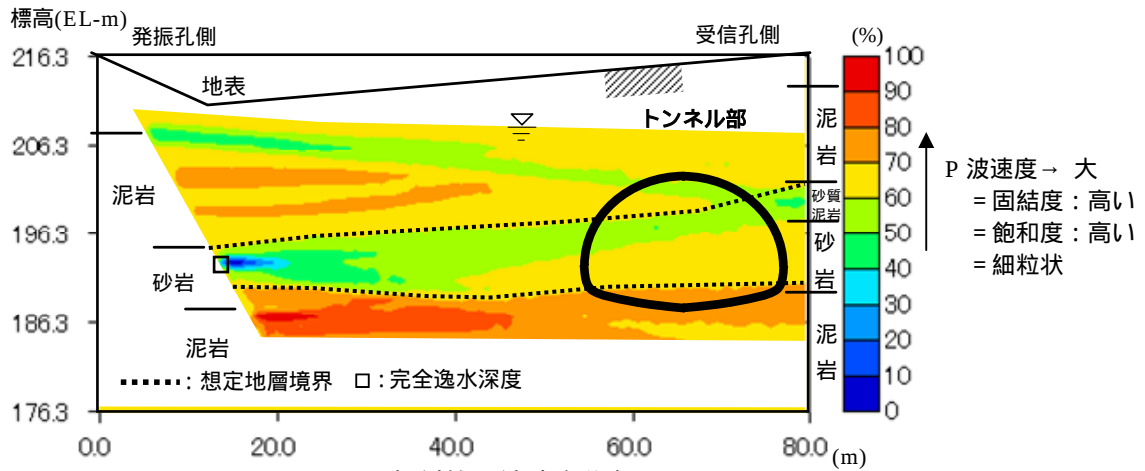


図 4 相対的 P 波速度分布

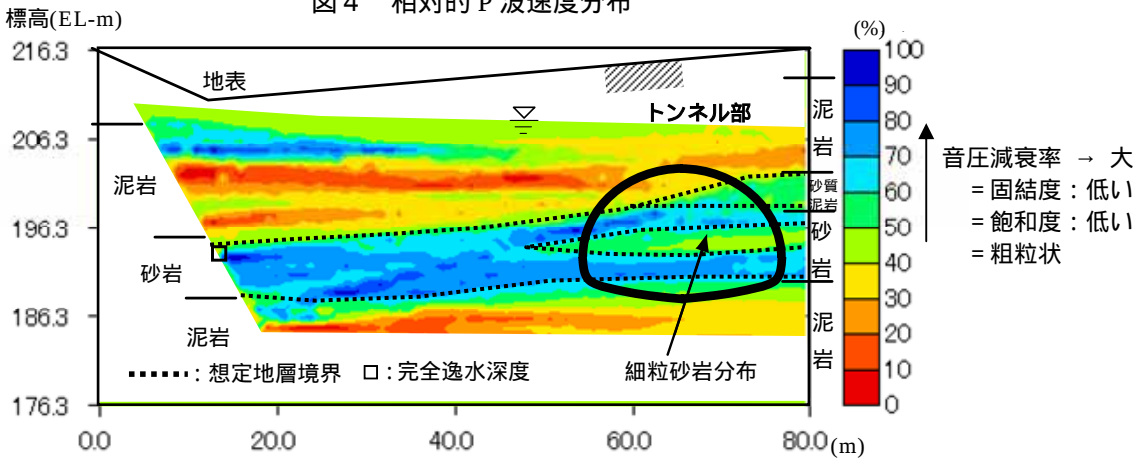


図 5 相対的音圧減衰率分布

- (1) 泥岩層および砂岩層にそれぞれ連続性が見られる。
- (2) 泥岩層は、砂岩層を挟むように上下 2 層存在している。これらの層は、砂岩層に比べて速度が大きく、音圧減衰率が低いことから、固結度が高いものと想定される。また、速度からみると、上部に比べて、下部の泥岩層の方がより固結度が高いことが推定される。これは、既存ボーリング地点での調査結果と整合している。
- (3) 音圧減衰率からみると、泥岩層は、固結度の高いことから間隙が小さく緻密であるものと思われる。さらに水平方向に卓越した連続性を有していることから、ほぼ上下方向に対して不透水であることが推定できる。
- (4) 一方、砂岩層は、固結度の低いことから間隙が大きく、また飽和度は低いものと考えられる。
- (5) 発振孔側にみられる砂岩層の局所的な変化部分が、既存の調査結果における GL-23m 付近の砂岩層での完全逸水深度とほぼ一致している。よって、砂岩層の地下水は不圧状態にあり、この層内を流れていると想定される。
- (6) 図 5 の受信孔側の砂岩層において、やや固結度の高い部分が水平的に連続して見られるが、この分布深度は、既存ボーリング地点の調査結果で判明している細粒砂岩の分布深度と整合的である。

5. おわりに 今回の音響トモグラフィ探査により、点のデータしか得られていない 2 つのボーリング地点間を、P 波速度変化と音圧減衰率の 2 つの情報を用いて、詳細な地盤構造を断面的に連続して評価することができた。今後、断層近傍での地盤構造の詳細評価等への活用も図りたいと考えている。

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, PP.81-83, 2005.
2) 山内淑人, 榊原淳一 他：音響波を用いたコンクリートの健全度評価 - 室内実験 -, 物理探査学会 第 117 回学術講演会論文集, PP.126-129, 2007。