

ゲル状充填材を用いた切羽前方水平孔間弾性波トモグラフィの試み

前田建設工業(株) 正会員 ○水谷和彦, 赤木英治, 袋井孝洋

1. はじめに

切羽前方探査の主要な方法としては、ボーリング手法と反射波を用いた弾性波探査手法がある。ボーリングは、直接的に地山を評価できるものの情報は線的であり、切羽占用が比較的長時間となることから、弾性波探査を採用する事がある。反射波を用いた弾性波探査手法としては、トンネル HSP 法や TSP 法があり、近年、掘削時の発破や削孔、ブレーカ等の振動を利用した反射法の研究も報告されている。しかし、反射波を用いた弾性波探査結果は、実際の地質状況が異なる事が少なくなく、事前支保設計を出来るまでの精度は得られないことから、危険予知的な使用に留まっているのが現状である。反射法の精度がその程度である要因としては、①トンネル横断方向の不連続面は捉えられるが、トンネル縦断方向の不連続面は捉えられない。②徐々に変化する様な地質構造や脆弱地山の場合、反射波が跳ね返ってこない。③不連続面までの距離と地山弾性波速度がパラメータとなり、反射面の数だけパラメータは増えて解が多くなり、探査精度は落ちる。そこで、本研究では反射法の欠点を解決する一つ方法として、直接波を用いた弾性波探査手法「孔間弾性波トモグラフィ」に着目した。

2. 開発技術の基本構想

孔間弾性波トモグラフィは、孔間距離が基本的に既知であり、直接波を利用した手法である事から、探査原理的に反射法よりも高精度である。また、ドリルジャンボのボーリング孔に本手法を適用できれば、切羽前方を集中的に高精度探査できる汎用的な手法になると考えた(図-1)。しかし、本手法を適用するにあたり次の課題が考えられた。①鉛直ボーリングの場合は振動を伝播させる為に孔内に水を溜めるが、水平ボーリングの場合、孔内に水を溜める事が困難である。②鉛直ボーリングに比べて水平ボーリングの孔壁は崩れやすく、起振機や発振機の挿入や回収が困難である。そこで、水平ボーリング孔に充填が容易で逸走せず、振動を伝える事が可能な材料として、固体と液体の中間的な流動性質をもつゲル状充填材を一つの候補と考えた(図-2)。また、このゲル状充填材には、ボーリング孔の保孔効果も期待した。

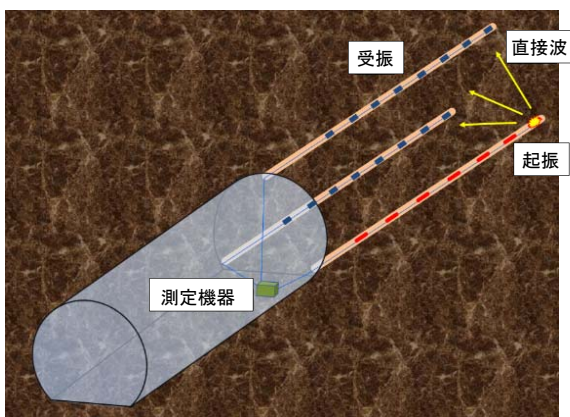


図-1 本手法のイメージ図

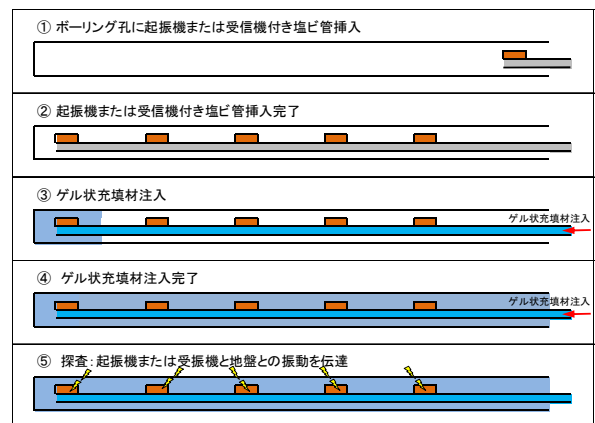


図-2 ゲル状充填材の注入イメージ図

3. 現場実験

本手法の適用性を確認する為、現場実験を実施した(写真-1,2)。測定は、ドリルジャンボによる切羽左右2本のボーリング孔(φ65mm)を使用し、右孔を起振孔、左孔を受振孔として、孔間を伝播する弾性波を測定した。測定系模式図を図-3に示す。弾性波の受振にはハイドロフォンと呼ばれる水圧を感知するセンサを使用した。ハイドロフォンをゲル状充填材中に置くことで地山を伝播してきた弾性波を感知可能とした。弾性波の起振は瞬発電気雷管の発破によって行った(図-4)。

キーワード 山岳トンネル, 切羽前方探査, 孔間弾性波トモグラフィ, ゲル状充填材

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 TEL 03-5276-5166 FAX 03-5276-5268



写真-1 現場実験全景



写真-2 ゲル状充填材

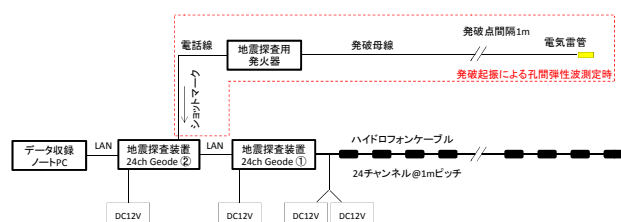


図-3 孔間弾性波トモグラフィ測定系模式図

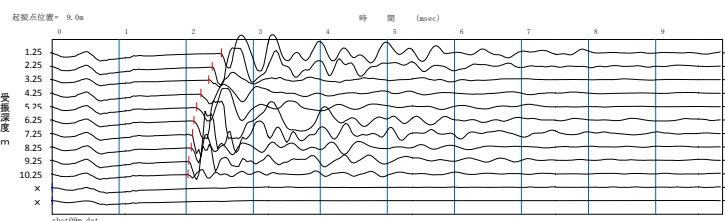


図-4 発破起振による波形記録例

4. 探査結果

波形記録から初動走時を読み取り, 走時曲線を作成した (図-5). 走時曲線より初期モデルを作成し, modified-SIRT 法にて弾性波速度分布 (速度トモグラム) を得た (図-6). なお, 孔荒れによるセンサ設置不良により探査結果は 10~15m の探査結果となっている.

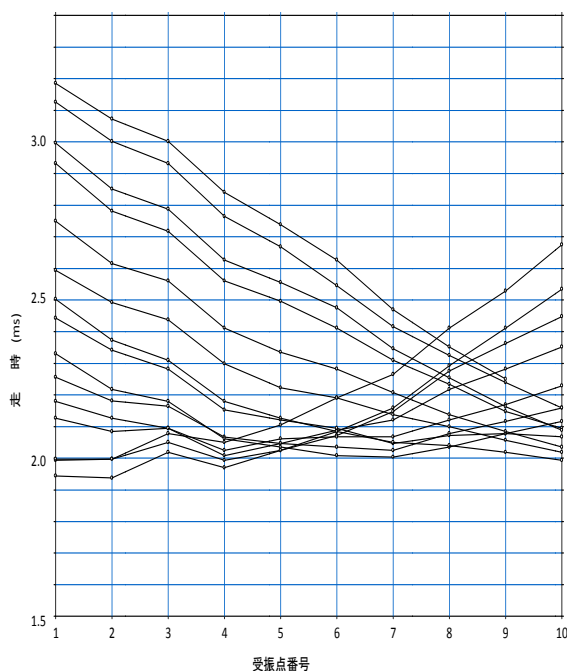


図-5 走時曲線図

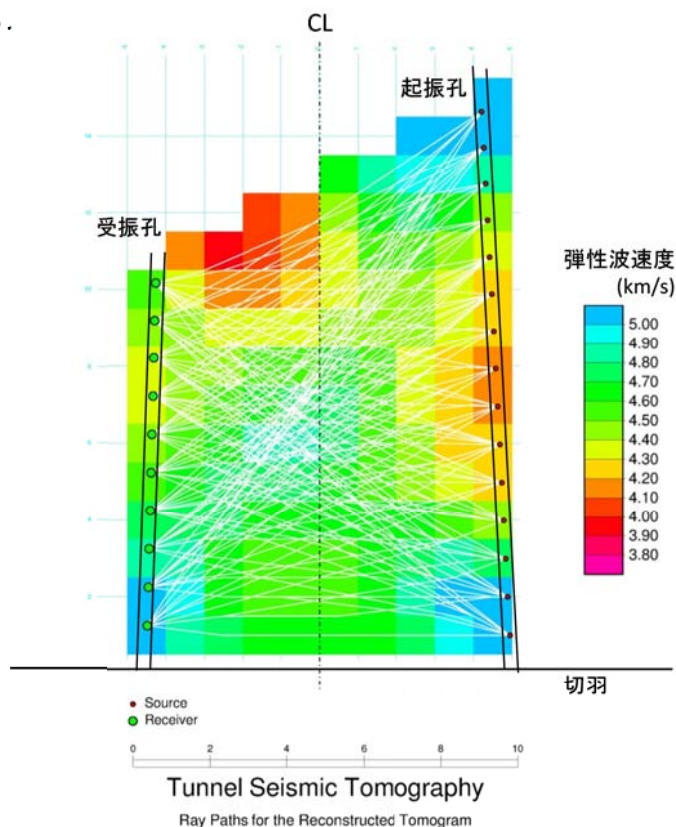


図-6 解析結果

6. まとめ

解析結果, 同区間で実施した TSP や削孔検層, 掘削時の切羽状況とも整合性が取れており, 本手法の適用性を確認する事ができた. 今後は, 汎用的な高精度切羽前方探査手法とする為, 注入方法の改善や削孔振動の活用, 反射法との融合等を進めたいと考えている.