

油圧削岩機の削孔振動を用いたトモグラフィ解析によるトンネル切羽前方探査法の開発

(株)奥村組 正会員 ○浜田 元 正会員 塚本 耕治

1. はじめに

トンネル坑内から行う切羽前方探査の一つに、油圧削岩機等により切羽前方の地山を削孔し、削孔速度や油圧などのデータから削孔位置の地山性状を定量的に評価する削孔検層がある。この削孔検層に併せて、先端のビットが打撃により地山を破碎する際に発生する振動をトンネル切羽の吹付け面に設置した複数の受振器で計測する。その受振波形の初動走時を用いて弾性波トモグラフィ解析を行い、トンネル切羽前方地山の弾性波速度分布を把握する探査法を開発した。本稿では、開発した探査法の概要と適用性を検討するために行った現場実験の結果について報告する。

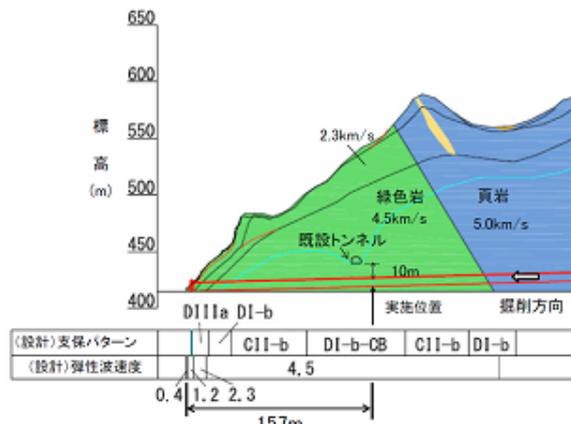


図-1 実験位置の地質状況

2. 実施現場と探査の概要

(1) 実施現場の概要

実施場所は奈良県南部の幅 8.5m、延長 980m、内空断面積 65m²の道路トンネルである。地質断面図を図-1に示す。地質は、四万十層群上部白亜系の堆積岩で、頁岩を主体として砂岩、緑色岩類、凝灰岩などを含有するメランジュ層が分布する。実験は出口側の坑口から 157m 手前の位置で行った。

(2) 発振時刻の把握実験

地山の弾性波速度を求めるためには、油圧式削岩機のビットが地山を打撃する時刻(発振時刻)を求める必要がある。直接、発振時刻を計測することが難しいため、図-2のように地山にビットを押し当てた状態で打撃により発生した振動を加速度計1と加速度計2で計測する。長さ3.66mのロッドを使用した場合は709μsの走時差になり、削岩機に設置した加速度計1の振動波形からビットの打撃時刻を求められる。

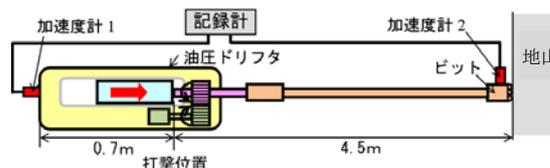


図-2 発振時刻の把握実験

(3) 計測手順と計測波形

図-3に探査配置を示す。トンネル切羽のモルタル吹付け面の6箇所(削孔位置と同じ高さで1.5m間隔)にφ55mm深さ20cmの孔を油圧式削岩機で削孔し、削孔した孔にモルタルを挿入して受振器を設置する。油圧式削岩機のドリフタ後部にパイロットセンサーとなる加速度計を取り付け、計測ケーブルで記録装置に接続する。受振点と同じ高さで左側に2.5m離れた位置に油圧式削岩機による削孔を行い、ビットが地山を打撃して破碎する際に発生する振動を24kHzのサンプリング周波数で記録装置に連続して記録する。削孔深度2m付近を削孔中の油圧式削岩機および切羽の受振点で計測した波形を図-4に示す。ピストンがシャंकロッドを打撃した振動がパイロットセンサーに到達する時刻とビットの打撃による振動が各受振点に到達した時刻を破線で示す。振源から離れた受振点ほど、時刻が遅れて到達し、振幅も小さくなることを確認できる。

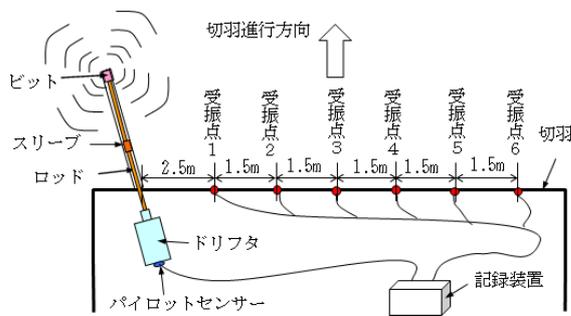


図-3 探査配置(平面図)

キーワード：切羽前方探査, 削孔検層, 削孔振動, 弾性波トモグラフィ

連絡先：〒300-2612 茨城県つくば市大砂387 (株)奥村組 技術研究所 TEL029-865-1521

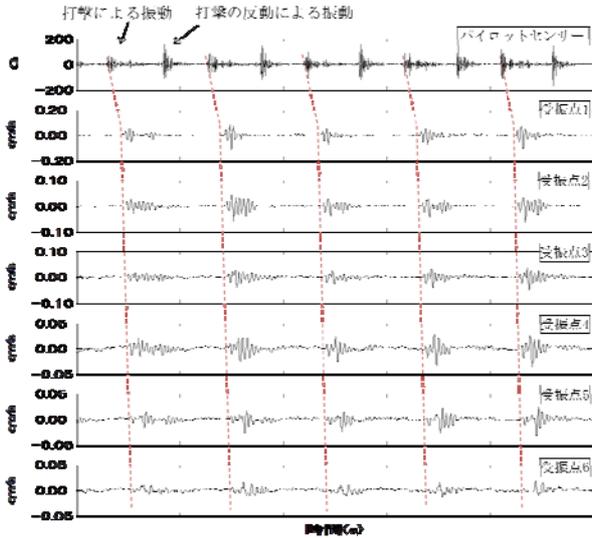


図-4 パイロットセンサーおよび各受振点における計測波形例

(4) 波形処理

パイロットセンサーにおける打撃波形の初動時刻からビット打撃時刻との時間差 709 μ s を引いた時刻を打撃時刻(トリガー)として、打撃ごとの振動波形に分割する。

受振点1における10打撃分の振動波形の例を図-5に示す。ビットの打撃状態が同じでない場合、1回目および3回目の打撃波形のように、他の波形の形状と異なる場合がある。このような振動を含めてスタッキング処理(波の重ね合わせ)を行うと、S/N比が低下することになる。そのため、打撃10回分の波形について相互相関関数が0.9以上の強い相関がある波形についてスタッキング処理を行った。受振点1における削孔深さ0.2m間隔ごとのスタッキング処理後の波形列を図-6に示す。ノイズが少ない波形であり、初動を比較的容易に読み取ることができる。

(5) トモグラフィ解析

各受振点で読み取った初動から走時曲線を作成し、発振点と削孔位置をもとにトモグラフィ解析から求めたトンネル切羽前方の弾性波速度分布を図-7に示す。紺色部分は弾性波速度が5.0km/s~5.5km/s、赤色は3.0km/s~3.5km/sである。図中には、探査性能を確認するため、切羽左右2カ所の削孔検層で削孔速度と油圧のデータから求まる削孔エネルギーの変化を重ねている。トモグラフィ解析による地山の速度分布は、削孔エネルギーの変化や切羽観察による実際の地山状況とほぼ一致している。

3. おわりに

開発した探査法では、削孔中のほぼ全打撃による振動波形を用いて受振点と削孔位置の走時からトモグラフィ解析を行うことができる。得られた速度分布は削孔エネルギーの結果とも整合し、有効であることを確認した。今後、トンネル現場への適用を通じて、岩質や探査深度など適用範囲を把握する予定である。

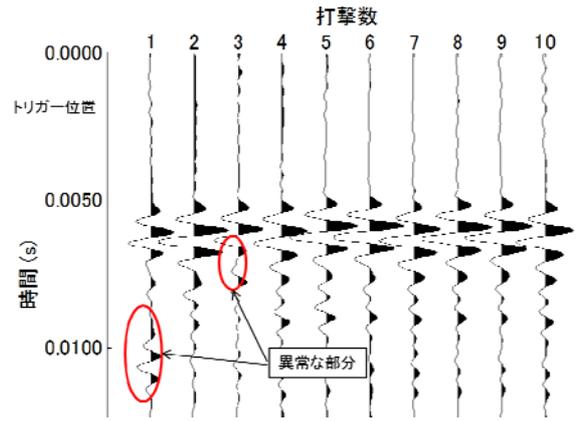


図-5 受振点1における打撃波形例

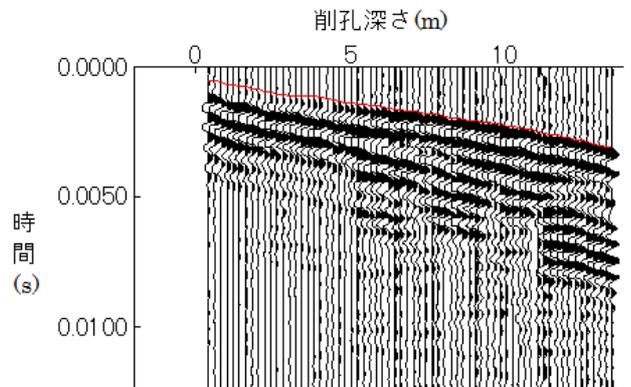


図-6 受振点1のスタッキング波形列と走時曲線

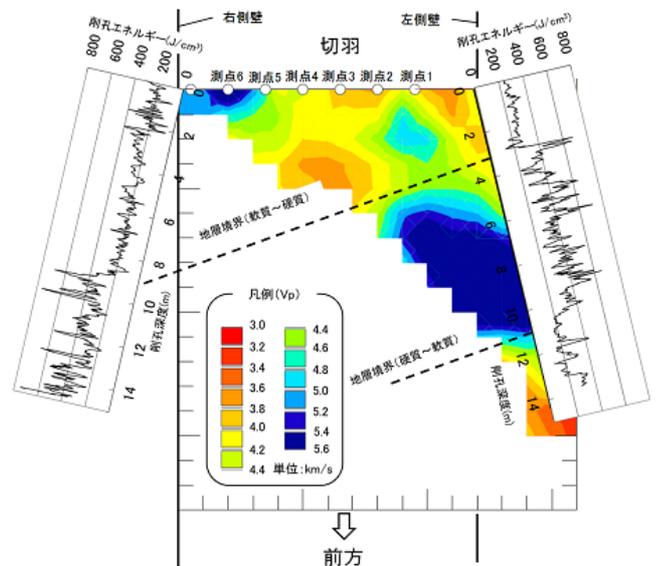


図-7 トモグラフィ解析による速度分布の予測