

反射法弾性波探査による切羽前方の連続調査事例と精度検証

安藤ハザマ 土木事業本部 正会員○山本浩之 正会員 中谷匡志
 安藤ハザマ 名古屋支店 上林凡人 若宮酉 長岡真一 村尾裕樹

1. はじめに

山岳トンネルにおいて、施工時に行われる切羽前方探査は、調査ボーリングが最も確実に精度も良いが、長尺の場合には掘削を中断する時間が長期となる。また探査事例の多いTSP法の場合でも、起振源として探査用発破を用いるなど大掛かりな設備が必要となり、準備工～探査に1.5日程度必要となる。

そこで、筆者らは起振源として掘削発破を用いることで、施工サイクルに影響を与えずに、安全かつ迅速にトンネル坑内で探査が可能となる切羽前方探査システム「トンネルフェイステスター (TFT 探査)」の開発を進めている (図-1 参照)。

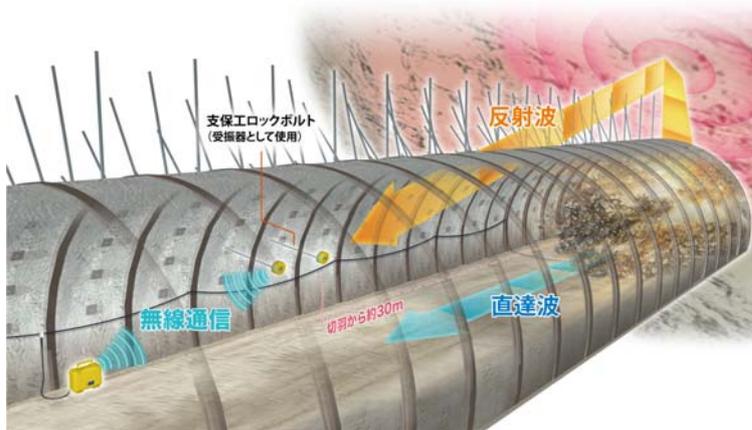


図-1 TFT 探査概念図

今回当技術を用いて、実際の山岳トンネルにおいて、連続的に行い探査精度の検証を行ったので報告する。

2. 探査方法

図-2 に探査機器一式を示す。弾性波データを記録する受振ユニットは、地震計、ロガー、バッテリーなどが一体化されたもので、2箇所での計測を標準とする。また、支保工ロックボルトへの固定には固定用治具を用いることで、坑壁に密着した設置を行う。

計測時は、発破退避時に起動スイッチを遠隔操作 (送信周波数: 426MHz, 通信距離: 最大 150m) することにより機材の起動を行い、記録後は自動停止する。解析に必要なデータ数については、原則 20 データ (3 日程度の計測) とし、この期間は機材の移設は行わない。

データの記録は、発破母線に取り付けたトリガーセンサーが起振信号を捉えると、トリガーユニットから受振ユニットに無線信号 (送信周波数: 800MHz 帯, 通信距離: 最大 110m) を送信することで記録を開始する。データ収集および解析作業は、専用ソフトウェアをインストールしたタブレット PC (Panasonic 社製, FZ-G1) で行い、無線でデータ収集後、1 時間程度の解析作業で予測結果が出力可能となる。

解析は、図-2 に示す解析フローに基づき行い、直達波より切羽近傍の弾性波速度の算出および発破データに含まれる反射波を抽出することで切羽前方の反射面の位置を予測する。



図-2 探査機器一式

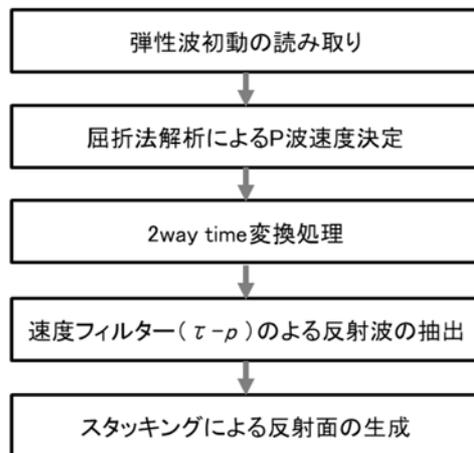


図-3 解析フロー

キーワード: 山岳トンネル, 切羽前方探査, 掘削発破, 反射法弾性波探査

連絡先: 〒107-8658 東京都港区赤坂六丁目1番20号 TEL:03-6234-3670 FAX:03-6234-3704

3. 探査状況

本検討は、国土交通省中部地方整備局発注の佐久間道路佐久間第2トンネル工事（延長約2.4km、掘削断面積約80m²）で実施した。地質縦断図を図-4に示す。地質構成は、中生代白亜紀～ジュラ紀領家変成岩類の泥質片岩と珪質片岩が互層状に分布する地質を主体とし、一部マイロナイトおよび天竜峡花崗岩が分布する。

探査区間は、TD.714～2,354m（L=1,640m区間）であり、連続的21回に実施した。また各前方予測距離は、70～180m程度で、予測区間をラップさせながら連続的に行った。前方探査結果（予測）と切羽評価点（実績）を図-4に合わせて示す。探査結果については、反射面強度が大きく赤色であるほど、明瞭な反射面が存在するものと推定されるものであり、何らかの断層破砕帯や地質境界が存在すると予測された位置となる。

4. 探査精度の検証

当探査の反射面強度は定性的な評価であることから、探査精度の検証は、以下の方法で行った。

①相対反射面強度（予測）と切羽評価点（実績）を5m間隔で比較した。②相対反射面強度60～100%（黄色～赤色）を反射面と定義した。③5m

区間における切羽評価点±5以上を地質イベントと定義した。④予測と実績の組合せは表-1に示す4通りが考えられ、このうちAとBを的中（○）とした。この方法により探査精度を検証した結果、探査区間における地質イベントは26箇所を確認され、予測的中率は約70%であった。

表-1 予測と実績の組合せ

予測	実績	組合せ
○	○	A
×	×	B
○	×	C
×	○	D

予測○：相対反射面強度 60～100%
 予測×：相対反射面強度 0～60%
 実績○：切羽評価点±5 以上
 実績×：切羽評価点±5 未満

5. おわりに

今回、TFT探査により連続的に前方探査を行い精度の検証を行った。その結果約70%の予測精度であり、過去に花崗岩帯で実施した結果²⁾とほぼ同様であった。今後さらに精度検証を進め、探査精度の向上を図る計画である。

参考文献 1)中谷, 山本他：山岳トンネルにおけるケーブルレス弾性波探査システムの開発と適用, トンネル工学報告集, 第26巻, 1-38, 2016. 2) 中谷, 大沼他：トンネル掘削発破で発生する弾性波を用いた地山評価手法と切羽前方探査の検討, 土木学会論文集F1 (トンネル工学), Vol.72, No.2, pp.53-66, 2016.

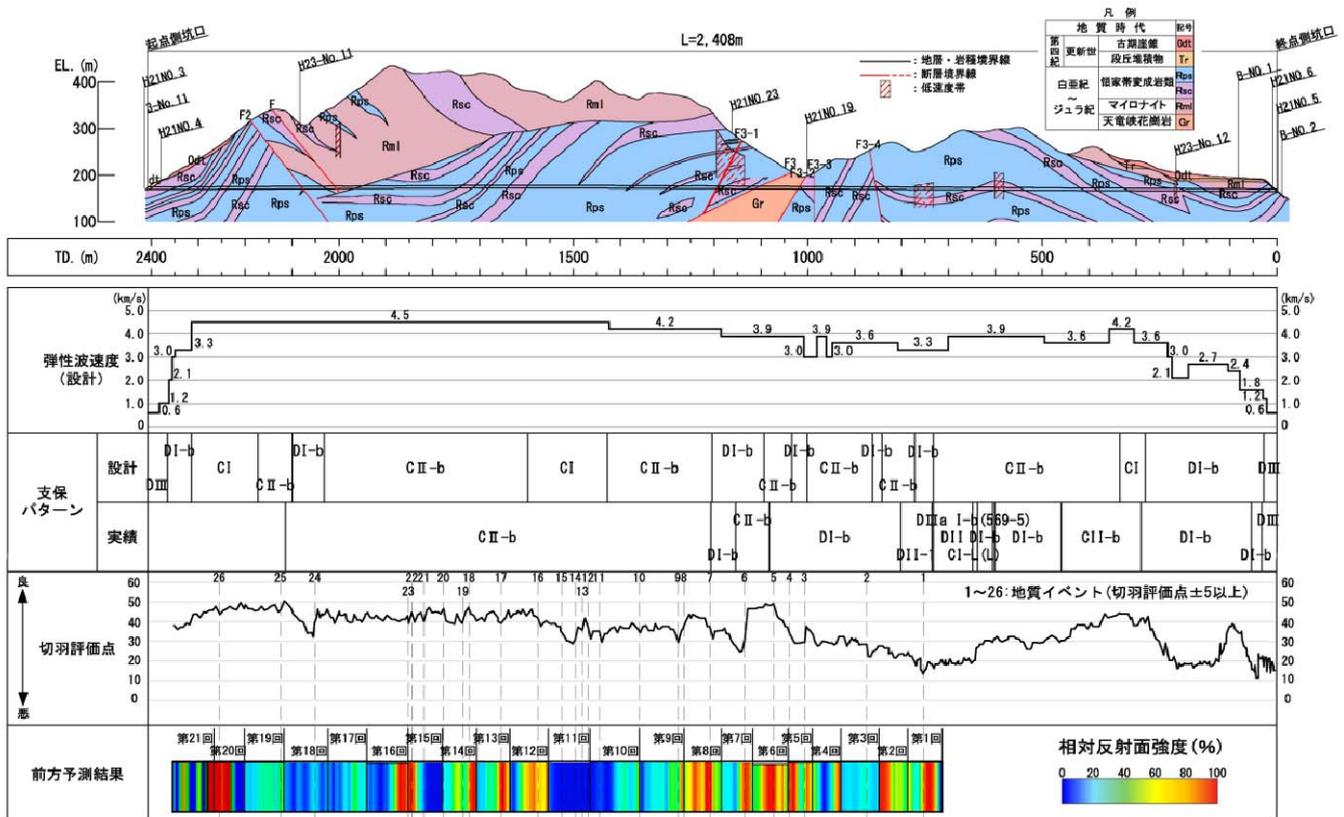


図-4 前方探査結果（予測）と切羽評価点（実績）との関係（地質縦断図）