

掘削発破振動を用いたトンネルトモグラフィ探査の現場適用実績

鹿島建設（株） 正会員 ○栗原 啓丞 山本 拓治 横田 泰宏 大畑 俊輔
佐藤 一成 平田 学 橋本 基
日本工機（株） 正会員 村田 健司

1. はじめに

筆者らは、これまでにハンマー打撃による人工振源を利用したトンネルと地表間のトモグラフィ探査システムを開発してきた。今回筆者らは、探査深度の長距離化による高土被りトンネルへの適用と SN 比の改善による探査精度の向上、および切羽の進行を止めない探査手法の開発を目的とし、トンネルの掘削発破振動を用いた新たなトンネルトモグラフィ探査システムを開発した。本報告では、探査システムの概要と現場適用結果について述べる。

2. 探査システム概要

本探査は、トンネル坑内と地表面間でのトモグラフィ探査ある。GPS 信号を利用した時刻同期手法を採用することで、従来手法では有線接続を行っていた発振点間を無線化するシステムとした^{1,2)}。発破振動の適用にあたっては、発破母線と直接結線することなく起爆信号を取得できる装置を開発した³⁾。これは、発破電流の通電により発生する磁場を電氣的に隔絶された磁気センサーを用いて検出することで起爆信号の取得が可能なシステムを採用している。

3. トンネルトモグラフィ探査の現場適用

(1) 探査地概要：図 1 は現場適用を実施した主要地方道一志美杉線(矢頭峠バイパス) 道路改良(矢頭峠トンネル(仮称))工事における地質縦断面図である。本トンネルは延長 L=1637.0m, 最大土被りは約 170m で、花崗閃緑岩と堆積岩源片麻岩を主とする。このように土被りが大きなトンネルにおいては、トンネル深度における地質構造を事前の屈折法弾性波探査のみで把握することは困難であり、発振エネルギーの観点からも発破掘削振動を適用したトンネルトモグラフィ探査が有効である。また本トンネルでは、坑口付近に複数の断層の存在が予測されたため、地質状況の事前把握を目的として探査を実施した。

(2) 探査方法：表 1 に本探査での探査範囲、発振位置、受振器設置位置を示す。切羽の進行に伴い計 3 回の探査を実施し、受振器は地表面のトンネルセンターライン上に水平距離で 5.0m 間隔に設置した。1 展開あたり 23 個の受振器を使用し、2 展開に分けて計 L=220m の測線長とした。1 展開目の発振が終了した後、各使用機器を移動し、次の起振位置でのデータを取得した。写真 1 はトンネル坑内における起爆信号検出装置、受振測線設置状況、計測装置一式、計測状況である。

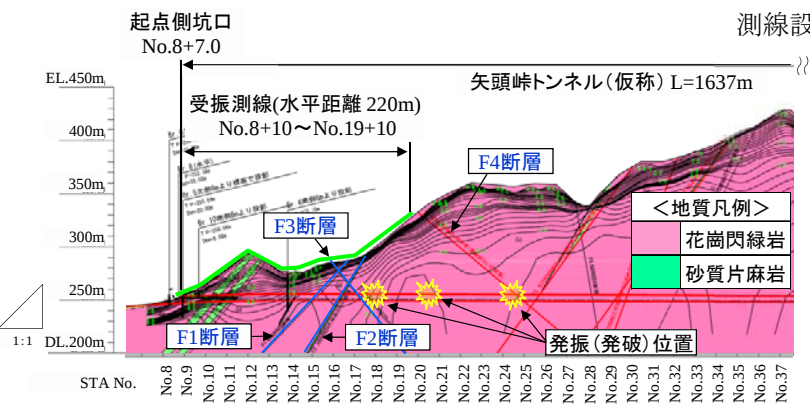


図 1 矢頭峠トンネル（仮称）地質縦断面図

表 1 探査範囲および発振点設置位置

	発振位置 (STA No.)	受振測線位置 (STA No.)	解析領域 (STA No.)
第1回探査	No.24+10	No.8+10～19+10	No.6+15～30+00
第2回探査	No.20+10	"	"
第3回探査	No.18+00	"	"



写真 1 坑内起爆信号検出装置(左上), 受振側線設置状況(右上), 地表計測器一式(左下), 計測状況(右下)

キーワード 山岳トンネル, 切羽前方探査, 弾性波トモグラフィ, 発破掘削振動, GPS
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設（株） T E L 042-489-6598

4. 解析結果

表 2 は本探査において取得した波線経路図およびトモグラフィ解析による弾性波速度分布図である。併せて、事前調査の屈折法弾性波探査より把握されている弾性波速度分布との比較を示す。

表 2 において、事前探査ではトンネル掘削深度まで調査を行うことが困難であるため、土被りの浅い坑口部を除けば、切羽の前方および周辺の詳細な地質構造の把握は困難であることがわかる。取得波線経路をみると、切羽の進行に伴う掘削発破振動データを取得する毎に、切羽の前方や周辺を通過する波線が増加していることがわかり、事前調査では把握することができなかったトンネル掘削深度における弾性波速度分布がより詳細に求められる。実施した 3 回の探査結果を用いてトンネルトモグラフィ解析を行うことで、詳細な弾性波速度分布を把握することができた。断層の影響による顕著な地質不良部は確認されなかったが、STA No.19, No.15~17 付近のトンネル上部においては、わずかに速度が低くなる弾性波速度分布が予測された。

5. まとめ

筆者らは、今回掘削発破振動を利用したトンネルトモグラフィ探査を実施し、その実用性を検証した結果、以下のことがわかった。

- ・掘削発破時の起爆信号を取得する点火信号検出器の開発により、安全かつ高精度に起爆時のショットマーク信号を取得できた。
- ・掘削発破の適用により、探査深度の長距離化が可能となり、事前調査のみでは把握が不可能であった高土被り部におけるトンネル深度での地質構造の把握が可能となった。
- ・従来のハンマー打撃による発振方法と比較して、発振エネルギーが増大したため、SN 比の改善による精度向上が実現できた。
- ・本探査の実施により、事前調査で懸念されていた断層は存在しないことが分かったため、支保パターンを D 級に下げることなく施工を進めることができた。

6. 謝辞

本探査技術を開発するにあたって、貴重な機会をご提供下さった三重県津建設事務所、および施工技術研究総合研究所に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 横田泰宏, 山本拓治, 栗原啓丞: 三次元トンネルトモグラフィ探査システムの開発, 土木学会第 67 回年次学術講演会, III-106, 2012.
- 2) 栗原啓丞, 山本拓治, 横田泰宏: 三次元トンネルトモグラフィ探査の現場適用試験, 土木学会第 67 回年次学術講演会, III-106, 2012.
- 3) 村田健司, 横田泰宏, 山本拓治: 掘削発破を震源とする弾性波探査用信号検出装置の開発, 土木学会第 68 回年次学術講演会投稿中, 2013

表 2 事前調査による弾性波速度分布およびトンネルトモグラフィ解析結果

