

先進ボーリングと蒸気圧破砕薬を用いたトンネルトモグラフィ探査

鹿島建設（株） 正会員 ○大畑俊輔 日本工機（株） 村田健司
 鹿島建設（株） 正会員 山本拓治 宮嶋保幸 栗原啓丞 白松久茂 岩村武史

1. はじめに

安全で合理的なトンネル掘削を行うためには、切羽前方の地質状況を精度良く予測することが重要である。筆者らは、これまでに人力によるハンマー打撃やトンネルの掘削発破振動を利用したトンネルトモグラフィ探査を開発してきた。本探査は弾性波探査手法の一つであり、切羽付近で発生させた弾性波を地表面の受振点で観測し、トモグラフィ解析を行うことによって切羽前方の弾性波速度分布を高精度に算出する。断層破砕帯や硬岩部の分布に加えて、地質状況を弾性波速度により評価できる。今回筆者らは、先進ボーリングを利用して非火薬組成の蒸気圧破砕薬を探査震源とするトンネルトモグラフィ探査方法を開発した。本報告では、システム概要と現場適用結果について述べる。

2. 蒸気圧破砕薬の探査震源への利用

トンネルトモグラフィ探査は、坑内と地表の間で行うトモグラフィ探査である。現場の条件や目標とする探査距離によって、探査震源を人力によるハンマー打撃と掘削発破を選択することができる。いずれの場合にも坑内と地表の時刻同期を行う必要があり、GPS 信号を利用している。今回、非火薬組成の蒸気圧破砕薬を振源として用いる探査手法の開発を行った。これは、火薬類取締法の対象外である。以下に非火薬破砕薬を用いた場合のメリットを挙げる。

- ① 発破を利用しないトンネルにおいても適用可能であり、ハンマー打撃では不可能な大きな起振を得ることで、探査距離と精度の向上を図ることができる。
- ② 単一のボーリング孔内で複数回の発破は火取法で禁止だが、蒸気圧破砕薬では可能であり、1回の調査で広い範囲の多数のデータが取得可能。

3. 現場適用

(1) 現場概要：試験は国土交通省・延岡河川国道事務所 北方延岡道路・南久保山ト

ンネルで実施した。本トンネルは延長 381m、最大土被り 70mであり、古第三紀日向層群に属する砂岩頁岩互層が分布している。坑口から 80m 付近から約 70m にわたり低土被り区間 (1.0D 以下) が続き、この区間では、切羽から水平コアボーリング (95m) が計画されていた。

(2) 探査方法：今回の探査は、低土被り部においてトンネル上方の表層（風化層）の分布状況の把握を目的とした。水平コアボーリング孔に蒸気圧破砕薬を挿入し、深部から約 10m ピッチで発振を繰返し、計 9 回のデータを取得した。また、発振エネルギーの比較のため、ハンマーによる発振を実施した。地表の受振側ではトンネルセンターライン上に水平距離 5m 間隔で 23 個の受振器を設置した。図-1 に探査を実施した箇所の地質縦断面図と発受振位置、及び各種装置を示す。

4. 蒸気圧破砕薬の適用結果

図-2 に、ハンマーと蒸気圧破砕薬の発振による取得データの比較を示す。ハンマー発振では発受振点の距離が長くなった 14ch（切羽より水平距離約 70m）以降には弾性波が届かなかった。一方で蒸気圧破砕薬での発振の場合、ハンマー発振と比較して 5~10 倍のエネルギーを受振しており、SN 比・探査精度と探査距離が向上することが分かる。また、発振エネルギーは薬量で調整が可能である。



図-1 地質縦断面図と発受振位置

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、GPS、非火薬発破

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設（株） TEL:042-485-1111

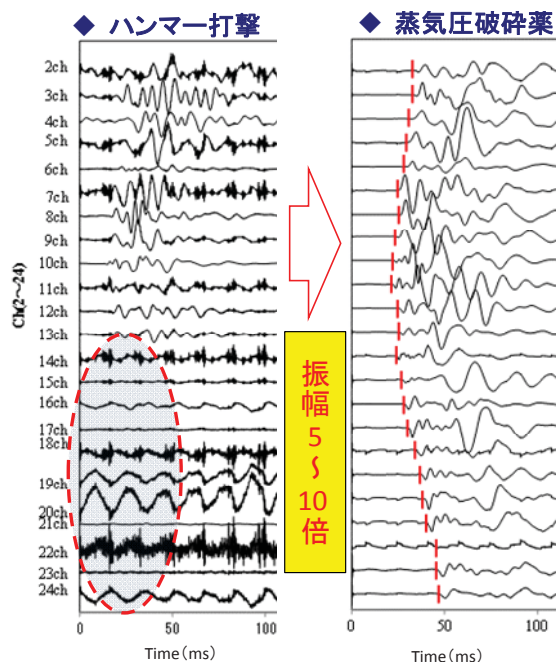


図-2 取得データの比較

5. 解析結果

解析結果を図-3 に示す。初期モデルとして、事前地質調査として実施された屈折波弾性波探査結果を利用した。これは地表からの探査であるため詳細な地質構造の把握は困難であり、上から下へと整然とした地質分布となっている。一方、今回実施した探査は、坑内からの強い発振エネルギーによる発振を複数回繰り返し、トモグラフィ解析を行うことで、複雑な地質構造を把握することができている。STA No.174・No.175～176 付近においては低速度帯が垂れ下ってきている。また、低土被り部である No.176～177 では、地表面と同様の風化層がトンネル断面付近まで下がっている。掘削時には、特にこの部分においてトンネル天端右肩部

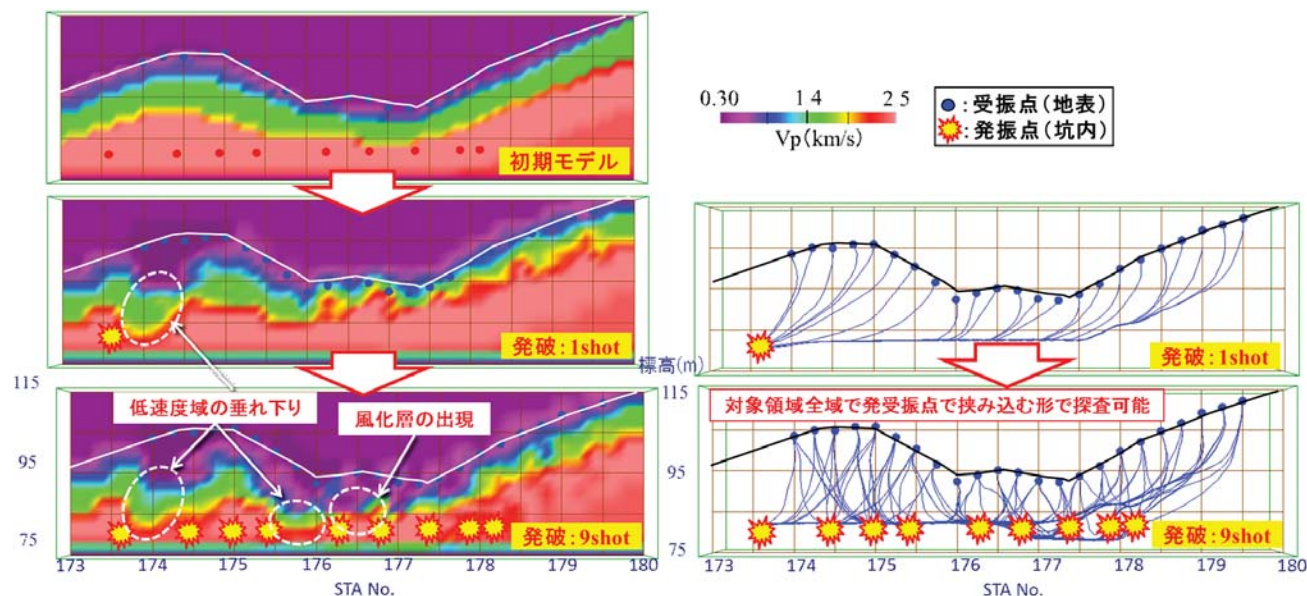


図-3 解析結果

に表層と同様の風化層が分布しており、注意を要することを事前に予測することができた。

探査に要した時間は 6 時間程度であった。掘削発破を用いた探査で、同じような範囲を対象とした探査を実施するためには数日間を要することと比較して、短期間で高精度の探査を行うことができた。

6. まとめ

先進ボーリングと非火薬組成の蒸気圧破砕薬を用いたトンネルトモグラフィ探査を実施した結果、以下のことがわかった。

○ハンマー打撃による発振と比較し、5~10 倍の発振エネルギーを得ることで、探査距離・探査精度を向上できた。

○蒸気圧破砕薬の非火薬組成というメリットを生かし、単一のボーリング孔で複数回の発破を実施し、精度の良い探査を短期間で実施できた。

6. 謝辞

本探査を実施するにあたって、貴重な機会をご提供下さった国土交通省 延岡河川国道事務所に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 栗原啓丞, 村田健司, 山本拓治: 掘削発破を用いたトンネルトモグラフィ探査の現場適用実績, 土木学会第 68 回年次学術講演会, III-241, 2013
- 2) 村田健司, 川野誠, 藤垣雄一: 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, III-242, 2013