

ポータブル受振システムを活用した連続発破トモグラフィによる切羽前方探査事例

(株)熊谷組 東北支店 正会員 ○山本憲一 高橋望 小西克典
 (株)熊谷組 土木事業本部 正会員 青木宏一 石濱茂崇

1. はじめに

近年、トンネル掘削時の発破振動を利用して、坑内と地表面間との弾性波探査ならびにトモグラフィ解析が行われている¹⁾。従前の方法では、急峻な山岳地における受振点設置の困難さや受振点の設置許可の煩雑さが課題であった。そこで筆者らは、受振点設置の省力化を図るため、地表面に据置いたデータロガーを利用し、発破弾性波を連続的に捉えてトモグラフィ解析することで切羽前方地山予測の高精度化を図る方法(連続発破トモグラフィ)を開発した²⁾。本方法は基本的にデータロガーを据置くが、長期間の据置きが困難な場所やトモグラフィ解析後にデータを補完したい任意の場所にて弾性波を即座に受振できる特長がある。

今回は、GPSの位置情報を利用し、任意の場所で散点的に多数のデータを収集する方法(ポータブル受振システム)を試みた。また、適用トンネルが起点側・終点側の両坑口から掘削するトンネルであることから、切羽にポータブル受振システムを持込み、切羽間での弾性波探査も併せて試みた(切羽で実施するため、GPSの位置情報は不要)。

2. 工事概要

探査を実施したトンネル(山田第2トンネル)が位置する三陸沿岸道路(山田宮古道路)は、山田町山田から宮古市金浜を結ぶ14kmの自動車専用道路である。工事概要を表-1に示す。

3. 探査システム概要

本報告では、基本的には掘削に伴う発破振動弾性波を地表面に据置いたデータロガーにて多数取得・蓄積した(図-1)。また、移動が容易なポータ

表-1 工事概要

工事件名	国道45号 山田第2トンネル工事
発注者	東北地方整備局
工事場所	岩手県下閉伊郡山田町山田～豊間根地内
施工者	熊谷組・アイサワ工業・株木建設JV
工期	2013年11月26日～2016年9月9日
工事概要	延長：L=1985m(両側掘削)、仕上り内空断面積94.9m ² 、NATM(発破掘削)、その他明かり工事
地質	花崗閃緑岩

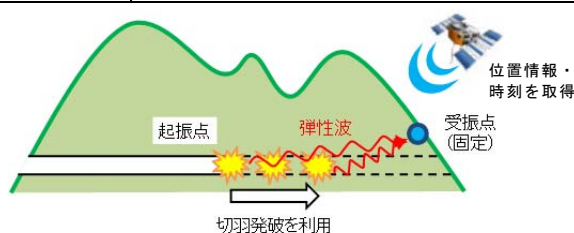


図-1 探査手法概念図

ブル受振システム探査により、波線データが不足する箇所のデータを効率的に補完してトモグラフィ解析の精度向上を図った。さらに、切羽間の弾性波探査は、片側の切羽の発破を起振点とし、反対側の切羽に受振点を設置する方法で実施した。

弾性波探査では、起振側と受振側のデータロガーの時刻を精緻に一致させる必要があるため、時刻同期にはGPS時刻を用いる方法を採用した。

起振時刻は、発破信号電流を捉えてセンサー内の磁石が反応し、データロガーへ信号を送る発破信号検知センサーを使用した。なお、坑内で使用するデータロガーは、GPS受信が不可能なことから、データロガーを1日1回の頻度で坑外へ搬出し、数時間程度GPS時刻を受信させて同期を行った。

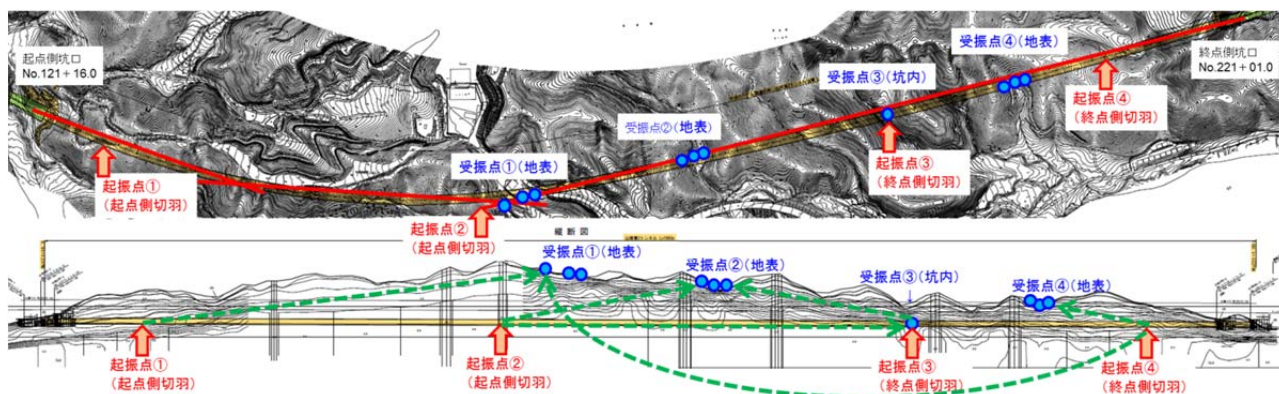


図-2 起振点および受振点位置図および対応関係(平面図, 縦断図)

キーワード 山岳トンネル, 連続発破トモグラフィ, 切羽間弾性波探査, ポータブル受振システム

連絡先 〒980-0011 仙台市青葉区上杉5丁目3番36号 (株)熊谷組東北支店土木部 022-262-2815

4. 現場適用状況

今回実施した連続発破トモグラフィの受振点は、設計時の弾性波探査測線上に設定した。受振点は、起点側より受振点①（地表）、受振点②（地表）、受振点③（坑内）、受振点④（地表）とした。一方、起振点は大別して4箇所で行った（起振点①、起振点②、起振点③、起振点④）。各起振点と受振点との対応関係を図-2に示す。

受振点②では、前述したポータブル受振システムにより測線上の任意の地点で探査を実施した（写真-1）。受振点③では坑内に受振点を設け、切羽間の探査を実施した（写真-2）。この方法では、地表に受振点を設置した場合には探査が欠損しやすいトンネル中央付近の弾性波を捉えることができた。

5. 探査結果

今回の探査の結果、より高精度なトモグラフィ解析結果を得ることができた。特にTD=800m付近の弾性波速度の顕著な落込みがみられる箇所は、設計時のトモグラフィ解析では捉えられていなかった（図-3）。掘削実績に基づけば、当該箇所は、設計でCⅠパターンであったのに対して、実施工ではCⅡパターンとなり、本探査の結果と実績の支保パターンとが良好な対応関係を示した。また、その他の箇所についても概ね良好な対応関係を示した。

今回は、写真-1に示すようにポータブル受振システムを考案し、GPSを利用して測点位置を計測して探査を実施した。結果として、散点的に多くの地点で探査が可能となり、効率的な探査が実施できた。

なお、本トンネルは、連続発破トモグラフィ結果を参考にしながら掘削し、2016年2月に無事貫通した。

6. まとめ

- ・連続発破トモグラフィによる解析結果と掘削実績とは概ね良い対応関係を示した。
- ・ポータブル受振システムを利用することで、設置位置に制限無く散点的に多数のデータ収集が可能となった。
- ・起点側切羽と終点側切羽間での探査では、地表面だけの受振では欠損しやすい範囲の弾性波を捉えることができ、探査精度が向上した。

参考文献

- 1) 篠原茂，塚本耕治，浜田元：トモグラフィ的解析手法によるトンネル切羽前方の弾性波速度分布の予測，土木学会トンネル工学報告集，第14巻，報告集（12），pp.77-82，2004.
- 2) 片山政弘，石濱茂崇，青木宏一，山内郁人：掘削発破振動弾性波の簡易取得法と連続的なトモグラフィ解析結果について，土木学会第69回年次講演発表会講演集，2014.



写真-1 ポータブル受振システム

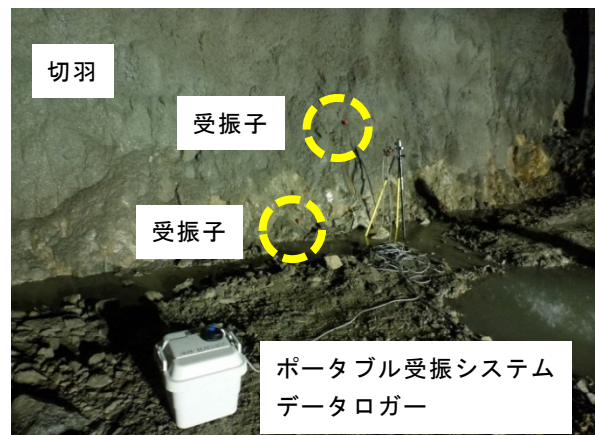


写真-2 トンネル切羽に設置した受振器

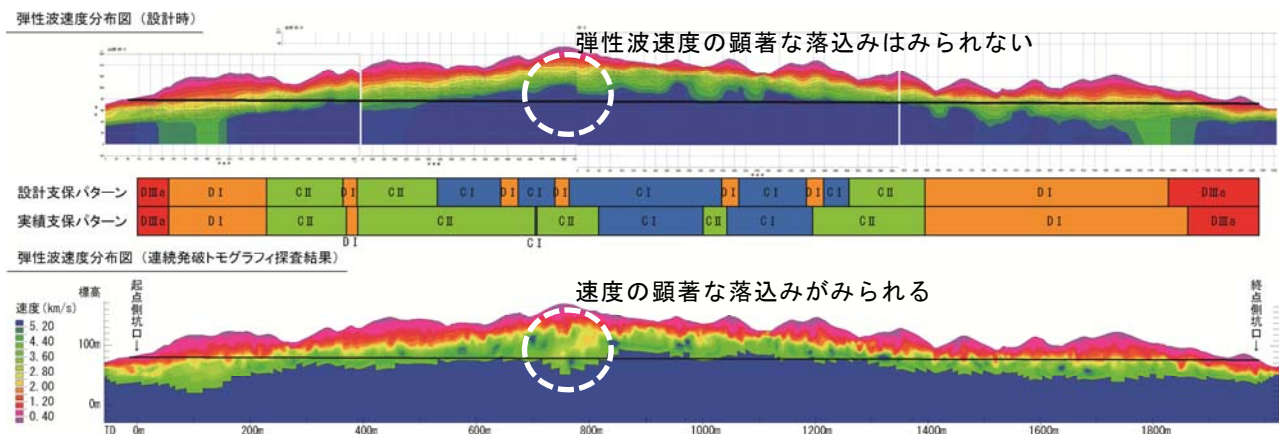


図-3 設計時および連続発破トモグラフィ探査時の解析結果と設計・実績の支保パターン