

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

(株)熊谷組 正会員 ○片山政弘 石濱茂崇 正会員 青木宏一 正会員 山内郁人

1. はじめに

近年、GPSクロックなどを利用することで起振、受振の時刻を同期する技術が発達したことから、トンネル掘削時に坑内と地表面間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⁾。これら探査は切羽の発破による弾性波を地表面の多くの受振点で取得することを基本とするが、坑外の受振点の設置には設置場所の制約や山岳地での設置作業の煩雑性・難渋性があるものとする。今回、筆者らは、坑内と地表面での弾性波探査およびトモグラフィ解析の実施にあたり、長期間据置きが可能な地震計測用データロガーにてデータを蓄積することで作業の簡便化、さらにトモグラフィ連続解析による高精度化を図った。

2. 探査システム概要

本システムでは、図-1に示すように、地表面の受振点を極力減らし、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蓄積することで、波形を数多く取得しトモグラフィ解析の精度向上を図った。図-2に坑内、地表面のシステム図を示し、表-1に使用機器の諸元を示す。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、GPSクロックによる時刻同期を採用した。起振時刻は、発破器の信号をデータロガーに伝達することを目的として発破信号検知センサー（電流センサー）を使用した。電流センサーは、発破信号電流が流れるとセンサー内の磁石が反応してデータロガーに信号を送る仕組みとなっている。

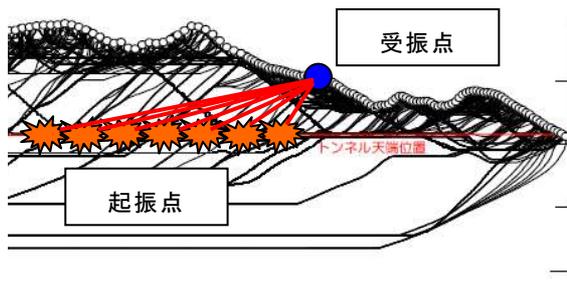


図-1 掘削発破振動による起振と受振点の概念図

表-1 使用機器諸元

測定機器	数量	メーカー・型番
同期データ収録装置	2台	近計システム EDR-X 7000 稠密地震観測用データロガー
発破信号取り込み装置(電流センサー)	1個	超小型クランプ式交流電流センサ
受振子	3個	0Y0ジオスペース社ジオフォン 28HZV GS-20HPCランド型

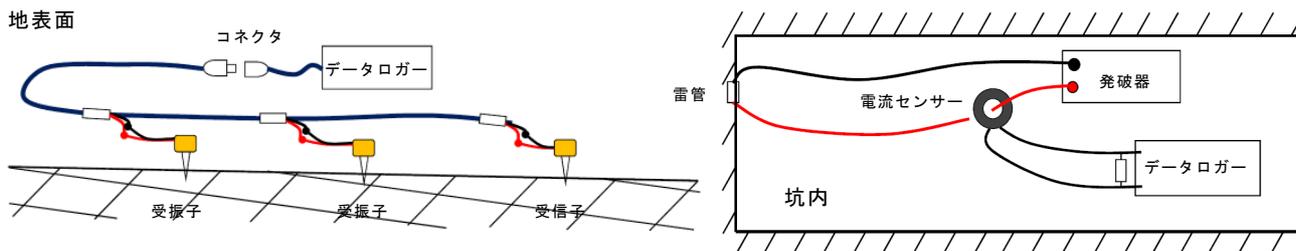


図-2 坑内・地表面システム図

3. 現場適用実験

今回の実験は、図-3に示すトンネルにて、T.D. 1300m付近から予想されている断層や地質境界を把握することを目的として探査をT.D. 1090m付近から開始した。受振点はGPSが受信可能な終点側坑口にトンネル縦断方向にて15m間隔で3点設置した。受振点側のデータロガーはGPSを継続的に受信できる据置き型のため、データロガーは屋外のボックスに収納した(写真-1)。一方、起振点側データロガーは坑内で使用するため、継続的にGPSを受信することが不可能なことから、バックパックにデータロガーを収納し1回/日に頻度で坑外へ搬出し、数時間程度GPS時刻を受信させ同期を行った。

キーワード：山岳トンネル、掘削発破振動、トモグラフィ解析、地震計測用データロガー

〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 ・TEL 03-3235-8622 ・FAX 03-3266-8525

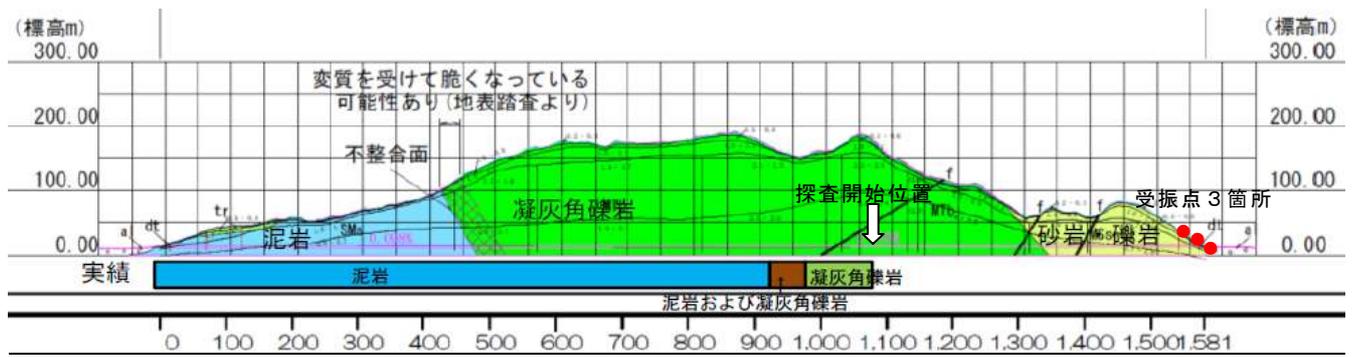


図-3 現場適用実験箇所地質縦断面

尚、トモグラフィ解析は約5m毎(1回/日)に行い、T.D.1090m～T.D.1250m間の約30回測定を実施した。

4. 探査結果と切羽前方予測

図-4に①探査開始前、②T.D.1125m付近、③T.D.1250m付近でのトモグラフィ解析結果を示す。①探査開始前の解析結果では、T.D.1350m付近から、やや弾性波速度の低下が予測される他は大きな特徴は見られない。②T.D.1125m付近時点の結果では、T.D.1300m付近まで弾性波速度分布が複雑となることで、硬軟の変化が激しくなるものと予想した。③T.D.1250m付近時点の結果より、T.D.1300m付近からの脆弱な地質の出現は確度が高いものであると判断した。



写真-1 データロガー、受振子設置状況

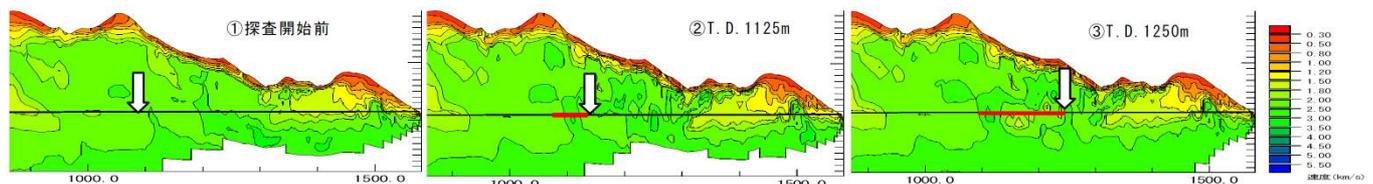


図-4 トモグラフィ解析結果

5. 掘削実績

トンネル掘削時には、T.D.1100m付近より硬質な安山岩に進入し、T.D.1130mで安山岩の割れ目からの突発湧水を確認した。その後、T.D.1300m付近までは、中硬質な凝灰角礫岩を主体としながらも、軟質な泥岩や硬質な安山岩が混在する区間が続いた。また、T.D.1300m付近では予想どおり、バックホウで掘削することができる軟質な未固結砂層が現れ、その直後には弾性波分布と調和的な傾斜となる流れ盤断層が現れた。多少の出現誤差はあるが概ねトモグラフィ解析結果を反映した地質状況を確認できたものとする。

6. まとめ

GPSクロックを利用し、坑内と地表面間での弾性波の簡易な取得を行い、その結果を用いた連続的なトモグラフィ解析を実施した。以下に今回の実験により得られた知見を示す。

- ・簡易に据置き可能な地震計測用のデータロガーを利用することで、継続的なデータ収集が可能となった。
- ・本実験で得られたデータをもとに実施したトモグラフィ解析による前方地山予測と実際の地山状況は良く対応した。
- ・今回実施した探査手法が切羽前方地山を予測するうえで有用であることが確認できた。

【参考文献】

1) 栗原ら(2013)：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，土木学会68回年次学術講演会 講演集