

複数の探査による切羽前方地山予測とその結果

兵庫県但馬県民局新温泉土木事務所 福井 克佳

竹原 晋平

熊谷・香山・伊藤特別共同企業体 小林 敬

鈴木 駿

(株)熊谷組 濱田 好弘 正会員 ○長岡 雄太

1. はじめに

近年、山岳トンネルの掘削において、設計段階の調査では判然としない地山状況を把握するために、物理探査技術を駆使した予測や切羽到達前に切羽を穿孔する手法などが採用されている。しかし、これらの手法はそれぞれ解析精度や適用範囲に得失があり、地山に応じた適切な利活用が必要と考える。

本報告では、(国)178号浜坂道路 対田第3・二日市トンネル工事において、解析精度や適用範囲が異なる複数の探査を実施し、切羽前方地山の状況を予測することで、支保パターンを選定などに活用したことを報告する。

2. 工事概要

工事概要を表1に示す。本報告では、本工事で掘削した2本のトンネルのうち、対田第3トンネル(対象地質：花崗岩)での探査結果および評価について述べる。

表1 工事概要

工 事 名	(国)178号浜坂道路 対田第3・二日市トンネル工事
発 注 者	兵庫県 但馬県民局 新温泉土木事務所
施 工	熊谷・香山・伊藤特別共同企業体
施工場所	兵庫県美方郡新温泉町対田
工 期	平成26年10月9日～平成28年9月27日
工事概要	工事延長 L=728m 道路改良 L=330m 対田第3トンネル(NATM) L=289m 発破掘削 二日市トンネル(NATM) L=109m 発破掘削
地 質	花崗岩、(凝灰)角礫岩

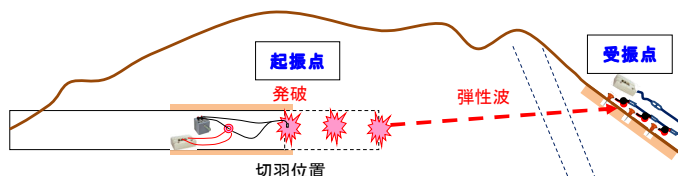


図1 連続発破トモグラフィ 探査模式図

3. 探査目的および概要

3-1. 発破弾性波を利用した切羽前方探査（連続発破トモグラフィ）¹⁾

連続発破トモグラフィは、地表面に据置いたデータロガーにて、トンネル坑内からの発破振動を数多く取得・蓄積し、トモグラフィ解析の精度向上を図る手法であり、地山全体の大きな性状把握を目的とする。探査模式図を図1に示す。発破弾性波データの蓄積により、トモグラフィ解析を随時実施することで、地山の弾性波速度の変化を捉え、その結果から支保パターン変化位置の想定などに活用する。

3-2. 水平オールコアボーリングを利用した切羽前方探査(水平ボーリング)

水平ボーリングは、連続発破トモグラフィの解析結果を加味して探査位置を検討すると共に、地山性状の事前把握を目的とする。採取したボーリングコアおよびボアホールカメラ結果から、NEXCOの「トンネル施工管理要領」による切羽評価点観察項目の区分を参照して評価を実施し、掘削時の切羽評価点の事前予測などに活用する。

3-3. 穿孔探査法を利用した切羽前方探査 (DRISS)

DRISSは、トンネル全線かつ切羽断面内の3点（天端、左右脚部）での穿孔を実施し、取得した穿孔エネルギーから、岩の強度などの地質変化の三次元的な把握を目的とする。水平ボーリングから類推した切羽評価点による地山区分をトンネル切羽到達前に確認し、切羽断面内の地山状況の相違や前方地山の地質状況の事前予測などに活用する。

4. 探査結果

図2に、複数の探査の実施により、それら探査結果より導かれる地山区分を一元化して整理した結果を示す。

キーワード 前方地山予測、連続発破トモグラフィ、水平ボーリング、DRISS

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1

TEL 03-3235-8622

4-1. 連続発破トモグラフィ

連続発破トモグラフィは、施工サイクルに影響なくデータを取得できる探査手法であり、連続的に発破弾性波データを取得したことで、トンネル位置における弾性波速度の信頼性が向上した。また、図2①では、設計時の水平ボーリング開始位置よりも起点側で弾性波速度の傾向が変化する結果を得たことから、施工時はその位置を捉える区間での水平ボーリングの実施を考慮する一助となった。

4-2. 水平ボーリング

水平ボーリングの評価は、オールコアボーリングおよびボアホールカメラ計測を実施し、NEXCOで規定した評価方式を準用した。全般に、水平ボーリングから類推した切羽評価点とトンネル掘削時の切羽評価点との間には、概ね良好な対応関係がみられた。特に、図2②では、設計時ではDⅠ-bパターンであったが、類推した切羽評価点が概ねCⅡ-b相当以上との結果を得たことから、施工時でCⅡ-bパターンでの施工を判断する一助となった。

4-3. DRISS

水平ボーリングでの地山評価結果を踏まえ、DRISSでは、切羽断面内の3点で実施したことにより、切羽断面内での地山状況の相違を確認できた。例えば、図2③では、天端と脚部で穿孔エネルギーに差がみられたことで、脚部は硬質であるが、天端部は相対的に軟質であることを想定でき、実切羽でも風化の程度に差が生じ、天端部は相対的に脆弱となった。

5. まとめ

解析精度や適用範囲が異なる複数の探査結果の組合せにより、相互の長所・短所を補完し合うことで、前方地山の地質状況を精度良く把握できた。また、把握した前方地山の地質状況は、支保パターン変化位置の選定などにおいて、有用な情報となった。

6. 今後の展望

今回実施した複数の探査結果を三次元的に可視化し、総合的に評価できるシステムを開発した(図3)。今後は、本システムを様々な山岳トンネルの現場で利活用し、より良いシステムに改良していきたいと考える。

参考文献

- 1) 片山ほか(2015): 掘削発破振動弾性波を利用した切羽前方探査の現場適用事例, 日本応用地質学会平成27年度研究発表会講演論文集, p.131-132.

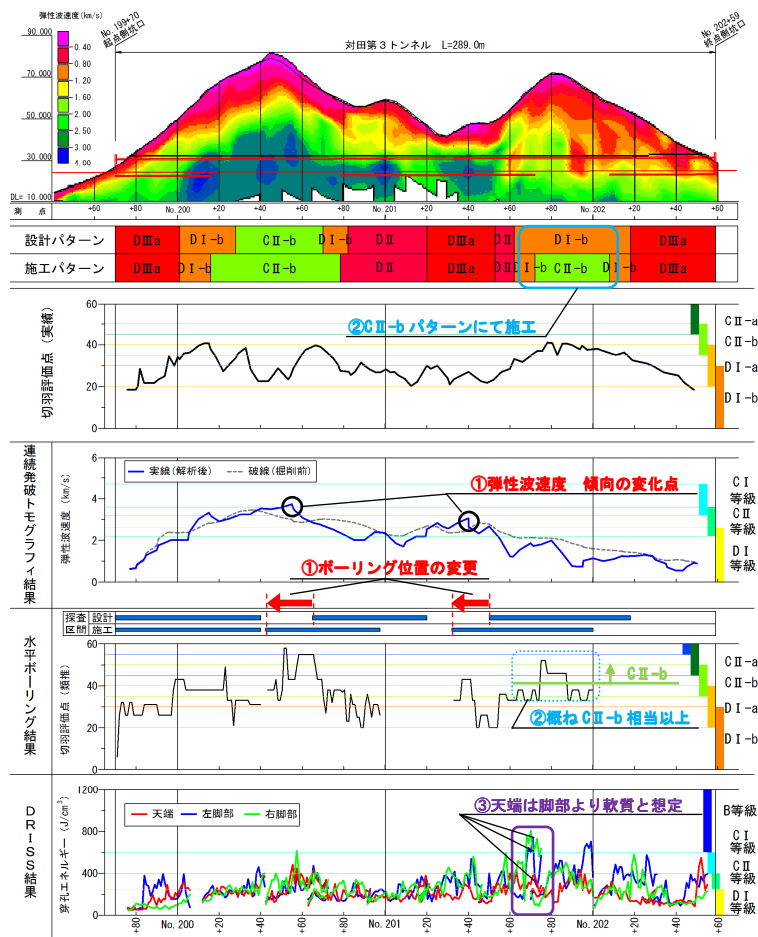


図2 前方地山探査結果および施工実績整理

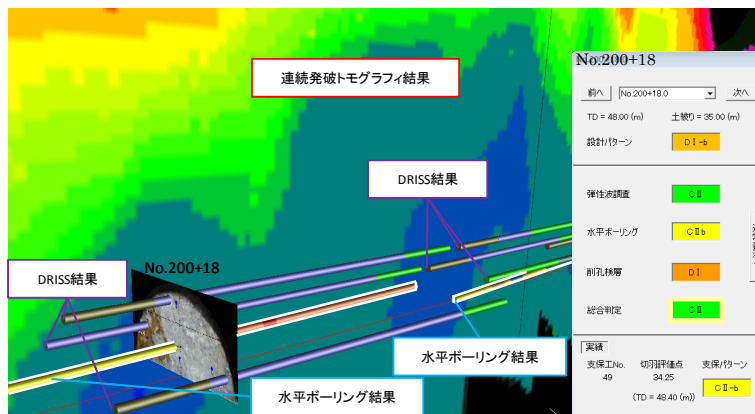


図3 切羽前方地山探査総合評価システム