

削孔検層と速度検層によるトンネル切羽前方の弾性波速度分布の予測

鹿島建設(株) 正会員 ○白鷺 卓, 犬塚隆明, 宮嶋保幸
小林幸司, 河本貴史, 井上量介

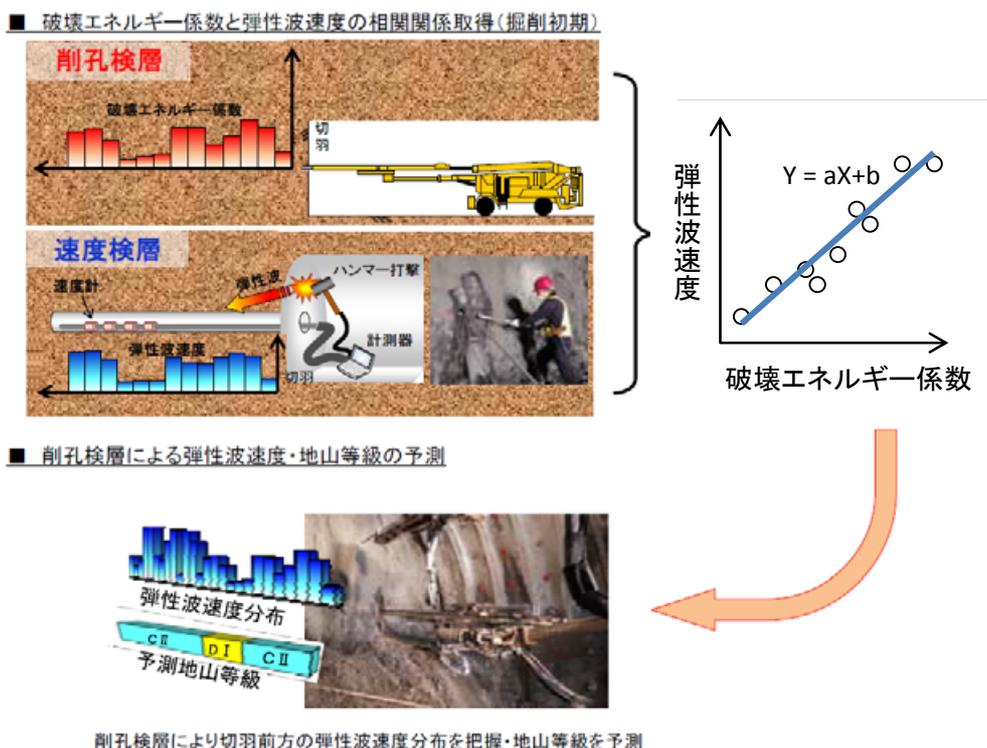
1. はじめに

山岳トンネルにおいては、支保パターンや補助工法が地山状態に応じて適切に選定されることが、施工時の安全性の確保や構造物の合理化を達成するために不可欠である。トンネル切羽の前方探査は多くの場合、地質に起因するリスクを事前に評価するために活用され、支保パターンや補助工法の選定に直接利用されるわけではない。しかしながら、前方探査によって、地山等級に直結する弾性波速度を信頼性の高い手法で取得することができれば、支保パターンや補助工法の選定に有益な情報になると考えられる。そこで筆者らは、切羽前方探査技術である削孔検層と速度検層を組み合わせ、地山の弾性波速度分布を予測する手法を確立し、支保パターンや補助工法を適切に選定できることを実証している¹⁾。本稿では、同手法を別の現場に適用した結果、これまでと同様に破壊エネルギー係数と弾性波速度の明確な相関関係が得られたので報告する。

2. 切羽前方探査技術と地山弾性波速度分布の予測手法

(1) 削孔検層

削孔検層は、NATMの汎用マシンであるドリルジャンボを用いて切羽前方を削孔する簡便な技術のため、最も多く活用されている切羽前方探査技術である。これにより、削孔に要した仕事量に相当する破壊エネルギー係数の深度分布を算出することができる(図-1)。破壊エネルギー係数は通常、岩盤が硬ければ大きく、軟らかければ小さくなるため、岩盤の硬軟を評価する指標になると考えられており、施工に支障をきたす地質脆弱部等の存在を予測するのに活用されている。しかし、支保パターンや補助工法を選定するための物性値としては不十分であり、これまでさまざまな判断基準が提案されている状態である。



削孔検層により切羽前方の弾性波速度分布を把握・地山等級を予測

図-1 削孔検層による切羽前方の地山等級予測技術概要図

(2) 速度検層

速度検層は、削孔検層により掘削された水平孔を利用して切羽前方地山の弾性波速度の深度分布を測定する探査技術である(図-1)。切羽周辺の人工震源からの直接波を孔内に設置した受振センサー(速度計)で取得するため、信頼性の高い地山弾性波速度を取得することが可能である。

キーワード 削孔検層, 速度検層, エネルギー, 弾性波速度, トンネル, 前方探査

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-6595

(3) 地山弾性波速度分布の予測手法

削孔検層により破壊エネルギー係数の深度分布を、その水平孔を利用して速度検層により地山弾性波速度の深度分布を取得するため、深度ごとに破壊エネルギー係数と地山弾性波速度の両方を取得することになる。両値とも岩盤の硬軟を正比例的に表すことから、同深度における両者の関係を複数比較することで、相関式を求めることができる(図-1)。この相関式により、その後は削孔検層を実施し破壊エネルギー係数を取得すれば、地山弾性波速度の深度分布を算出することができるようになる。



図-2 斑状マイロナイトの地山状況

3. 適用実績

前述の手法を今回、斑状マイロナイトが主に出現する三遠南信小嵐トンネル調査坑において適用した。斑状マイロナイトは塊状で、健全部は比較的一様な強度(一軸圧縮強度=約50MPa)を示すが、破碎された弱層部が所々に出現する地山であった(図-2)。また、掘削後の応力解放により緩みやすい地山であった。

削孔検層および速度検層のデータを用いて、破壊エネルギー係数および地山弾性波速度の相関関係を分析した。その結果、図-3に示すように、弱層部や切羽近傍の緩み領域と健全部を判別することができた。また、破壊エネルギー係数と地山弾性波速度の明確な相関関係を得ることができた。

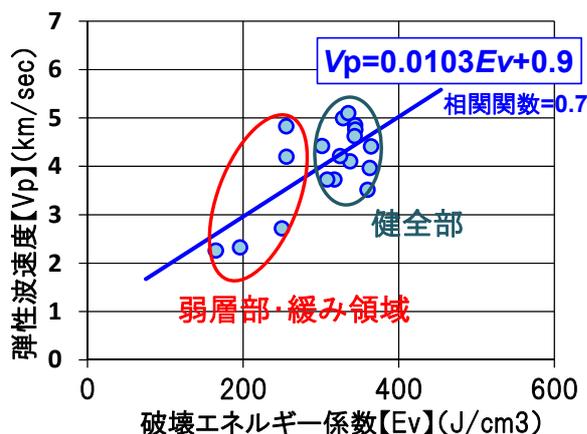


図-3 破壊エネルギー係数と弾性波速度の相関関係

当トンネルにおいてはその後、この相関式を用いて破壊エネルギー係数を地山弾性波速度に変換することで、地山等級および設計支保パターンが妥当であることを確認しながら適切な支保パターンを選定できている。

4. データベースの構築

既存の相関関係¹⁾に今回取得したデータを追加したものを図-4に示す。南久保山トンネルの地質は四万十帯の砂岩頁岩混在岩であったが、既存の相関関係に整合的なデータであった。一方で、地質やドリルジャンボの機種によって相関関係が異なると考えられることから、今後も様々な条件においてデータを取得し、破壊エネルギー係数と地山弾性波速度の相関関係をデータベース化することで、地山弾性波速度分布の予測の信頼性を向上させる必要があると考えている。

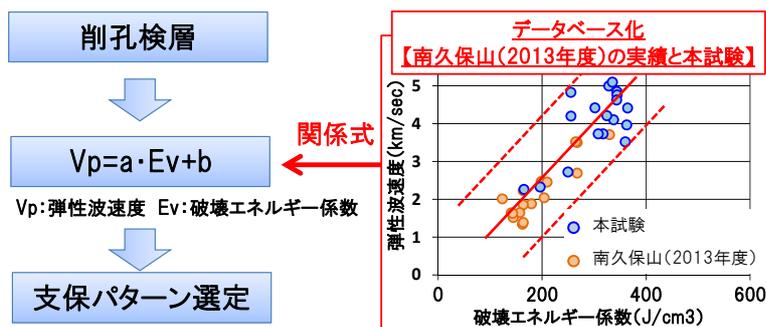


図-4 削孔検層による支保パターンの選定

5. おわりに

NATMの汎用マシンで実施できる削孔検層のみから弾性波速度を予測する本手法は、施工時の安全性の確保や構造物の合理化の一助となる重要な技術と考えている。山岳トンネル構築技術の向上のために、今後も蓄積した知見を公表していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 宮嶋ほか：ドリルジャンボ削孔データによるトンネル切羽前方の地山等級予測技術の開発，土木学会第69回年次学術講演会(平成26年9月)，VI-044，pp.87-88，2014。