

「切羽地質情報取得システム」の現場適用事例

安藤ハザマ 正会員 ○谷口 翔 正会員 鶴田亮介 正会員 多寶 徹
国土交通省 関東地方整備局 柴崎知令

1. はじめに

山岳トンネルでは、トンネル掘削時に切羽を直接観察して地質を評価し、状況に応じた最適な支保パターンを設定する作業を行うが、これまでの切羽観察は、トンネルの掘削作業の合間を縫って短時間で行われる現場職員の目視観察による評価が中心であり、精度や定量化に課題があった。

当社は、ICTにより山岳トンネル工事の生産性を大幅に高める取組みを推進しており、上記の課題を解決する目的で、トンネル切羽の主要な地質情報である岩盤の硬さ、風化度、割れ目間隔を短時間に簡易な操作で高精度にセンシングし、定量的に評価する「切羽地質情報取得システム」を開発した。本報文では、本システムを国土交通省関東地方整備局発注の山清路トンネルに適用したので、その結果について報告する。

2. 切羽地質情報取得システム

2.1 システム概要

切羽地質情報取得システムは、岩盤の硬さ、風化度、割れ目間隔を自動でセンシングし、定量的に評価する。岩盤の硬さと風化度は、AIの画像認識技術を活用して、デジタルカメラ画像およびスペクトルカメラ画像から自動で評価する。割れ目間隔は、ステレオカメラ画像から取得した切羽の三次元形状を用いて割れ目画像を抽出し、評価する。

切羽でのデータ取得を短時間かつ効率的に実施するため、スペクトルカメラとステレオカメラ、ハロゲン照明などを搭載した計測車両を構成した(図-1)。タブレット端末を用いて車載のPCを通じて各計測機器に作業指示を出すことで、短時間での切羽データの取得を可能とした。

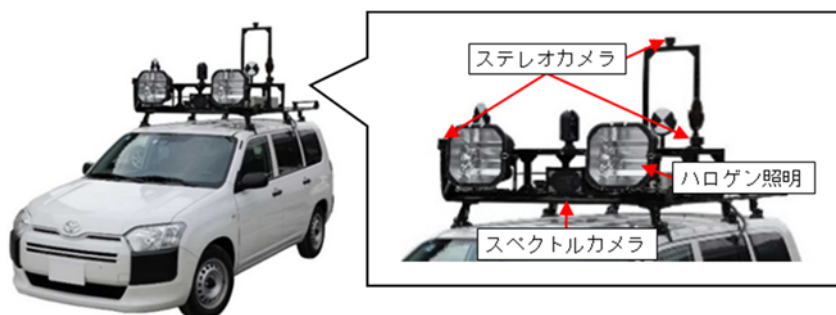


図-1 データ取得用の計測車両

2.2 現場実証の方法

切羽の掘削開始から約2ヶ月を「機械学習期間」として、教師データを用いたAIの機械学習を実施した。AI学習が完了した後、約2ヶ月を「適用・検証期間」として、本システムによる自動評価結果と担当者の目視による切羽観察結果を比較し、その評価精度を検証した。

2.3 教師データの取得

①圧縮強度

ポイントロード試験結果をもとに、切羽観察シートの“圧縮強度”に示される評価区分に基づいて岩盤強度分布図を作成した(図-2(b))。数切羽～10数切羽程度のデータが蓄積した時点で、作成した岩盤強度分布図と切羽写真を教師データとして、AI学習を行った。

②風化度

目視の切羽観察データをもとに、圧縮強度と同様に、風化度区分図を作成した(図-2(c))。作成した風化度区分図と切羽画像を紐付けて教師データとして、AI学習を行なった。

キーワード 山岳トンネル, 切羽, AI, 地質評価

連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 (株)安藤・間 TEL03-6234-3673

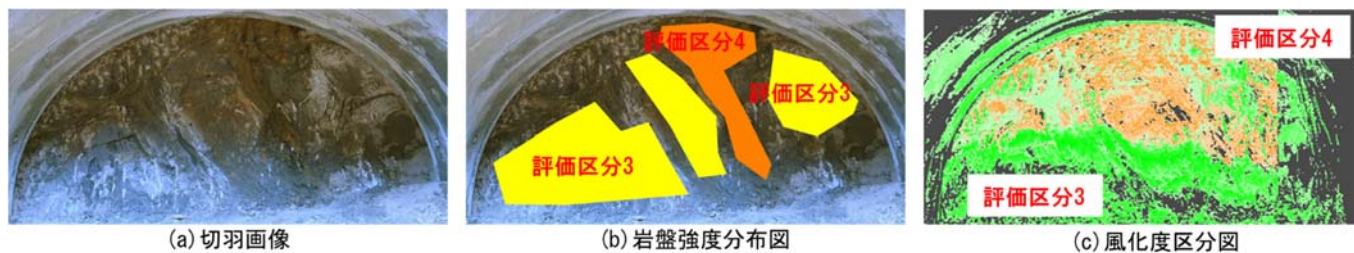


図-2 教師データの例

3. 評価結果の検証

AI 学習が完了した後、本システムを用いて計 26 切羽で自動評価を行った。切羽観察シートにおける“圧縮強度”，“風化変質”，“割れ目間隔”，支保パターンについて、本システムによる評価結果と、現場担当者の目視による評価結果を比較し、精度の検証を行なった。1 枚の切羽を天端、左肩部、右肩部の 3 つの領域に分けて、それぞれの領域について、評価区分が一致している場合、自動評価が正確に行われていると判定した。

①圧縮強度

圧縮強度は一致率 100% となった。26 切羽では、切羽全面で砂岩・シルト岩互層が出現し、おおむね同様の地質が連続していた。評価結果の一致は、この地質性状を反映しているものと考えられる。局所的には、地山表面がにじみ湧水によって濡れていたり、手前側の鋼製支保工によって切羽に影ができていた部分で、同じ岩種でも評価結果が異なる結果となった（図-3）。これは、教師データを作成する際、表面が濡れた箇所や影が落ちている箇所を除外したためと考えられる。

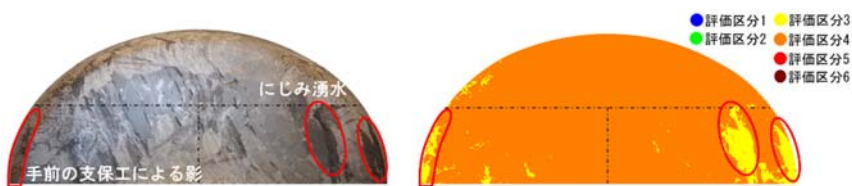


図-3 圧縮強度評価結果の不一致例



図-4 切羽画像と風化度評価結果の例

②風化度

風化変質は一致率 88.5% となった。切羽画像と風化度評価結果を比較すると、本システムは風化して茶褐色を呈する部分を精度良く捉えている（図-4）。一方で、風化した部分の切羽に占める比率が自動評価と目視観察で異なることがあった。これは、目視観察による風化部分の切羽に占める比率の評価が、担当者の主観に依る所が大きいためと考えられる。



図-5 平滑になった切羽の例

③割れ目間隔

割れ目間隔は一致率が 64.1% となり、圧縮強度や風化度と比べて低い結果となった。本トンネルは自由断面掘削機を用いて掘削しており、割れ目による岩盤の凹凸が切羽表面に残らず、平滑に仕上がることが多い（図-5）。このため、割れ目を正確に判別することができなかったと考えられる。一方、ブレイカ掘削により切羽面の凹凸が残っている箇所では、間隔 5cm 以下の細かな割れ目を捉えられている。

4. まとめ

自動評価結果と目視観察結果の支保パターン的一致率は 88% となり、本システムによる支保パターンの判定は、目視観察と比べても大きく遜色のないものといえる結果となった。本システムにより、切羽の地質状況を定量的に評価することが可能となり、切羽観察担当者の主観に依存していた従来の切羽観察を、より客観的に記録できるようになった。今後、現場職員がさらに簡易な操作で運用できるようシステムの改良を行い、山岳トンネル現場への導入を進めていく。