

くり粉の画像解析によるトンネル切羽前方の地山評価 ー 削孔エネルギーおよび切羽評価点と比較してー

Evaluation of Geological Conditions Ahead of the Tunnel Face Using Image Analysis of Drill Cuttings
- Comparison with Drilling Energy and Tunnel Face Evaluation Scores -

塚本 耕治* 山田 昂平**
Koji Tsukamoto, Kohei Yamada

研究の目的

山岳トンネルの工事では、切羽前方の地山性状を事前に把握することが安全性、施工性の面から重要である。その調査法の一つである削孔検層法は、ドリルジャンボの油圧削岩機が地山を削孔する際の削孔速度および各種油圧などの削孔データを解析し、求めた削孔エネルギーなどから切羽前方の地山性状を把握する探査法である。さらに、削孔水とともに排出されるくり粉の目視観察や湧水量の測定結果から総合的な地山評価が行われる。このうち、くり粉の評価では目視や指触による方法が主体であり、観察者の主観的評価になりがちであった。そこで、くり粉によるトンネル切羽前方地山の定量的評価を目的として、くり粉の画像解析結果を掘削エネルギーおよび切羽評価点と比較し、その有用性を検証した。

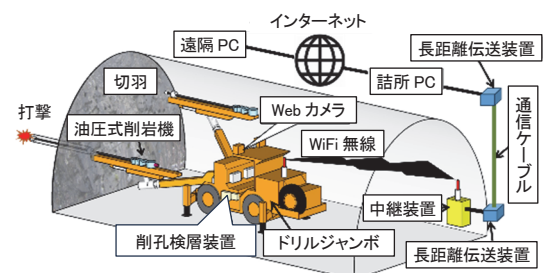
研究の概要

掘削中に採取したくり粉の画像解析から求めた粒度・色相データについて、切羽観察から評価した切羽評価点および削孔検層から求めた削孔エネルギーと比較することで、トンネル切羽前方の地山評価への適用性を検証した。削孔検層遠隔モニタリングシステムは、ドリルジャンボに搭載した Web カメラおよび削孔検層装置、坑内中継装置、長距離伝送装置、各所 PC 等で構成され、切羽状況および削孔時の計測状況の確認、削孔データの回収、削孔エネルギーの算出等を遠隔で行うことができる（図－1）。また、削孔検層装置のロッド1本当たり約 300g のくり粉を採取し、画像解析を行った。解析では、写真－1 に示すカラーチャート（色見本）をくり粉とともに撮影し、既知色を基準に画像の色ずれを補正した。その後、くり粉の重なる領域を分割し、粒径および色度を求めた。

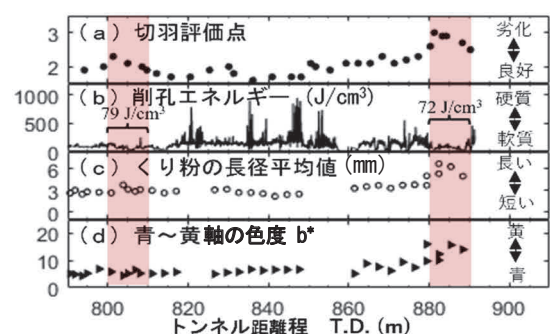
切羽評価点、削孔エネルギー、くり粉の画像解析から算出した長径平均値および青～黄軸の色度を表す(b^*) を、トンネル距離程に沿って比較した結果を図－2 に示す。赤色ハッチングで示す 2 区間では、掘削エネルギー（図－2 (b)）が同程度であるにもかかわらず、地山の割れ目状態や風化・変質の程度等を評価する切羽評価点（図－2 (a)）は、TD800～810m 区間の約 2.0 に対し、坑口付近 TD880～890m 区間では約 3.0 と高く、坑口付近の地山がより脆弱であると評価された。くり粉画像解析の結果、坑口付近 TD880～890m 区間では、くり粉長径平均値（図－2 (c)）が約 3mm から約 6mm まで大きくなり、粒径の大きいくり粉が増加した。また、 b^* （図－2 (d)）は約 5 から約 14 に増加しており、風化により褐色や黄色を呈するくり粉が増えたと推察される。くり粉長径および b^* の変化は、切羽評価点と整合することから、くり粉の画像解析により地山状態を定量的に評価できることを確認した。



写真－1 カラーチャートとくり粉画像



図－1 削孔検層遠隔モニタリングシステムの概要



図－2 切羽評価点・削孔エネルギー・くり粉画像解析

研究の成果

- くり粉画像解析による地山評価は有用であり、削孔検層遠隔モニタリングシステムと組み合わせることで、トンネル切羽前方地山の評価手法の高度化が期待できる
- 切羽評価点と評価項目の地山の割れ目状態や風化変質については、削孔エネルギーのみで評価することは困難である
- くり粉の画像解析から求めたくり粉の大きさと関係する長径平均値は割れ目の状態と相関性が高く、色の指標である $L^*a^*b^*$ 空間では、特に b^* （青～黄軸の色度）が風化変質との相関が高い