

トンネル切羽での走向傾斜評価システムの開発

鹿島建設(株) 正会員 ○福島大介, 戸邊勇人, 宮嶋保幸

1. はじめに

山岳トンネル工事では、掘削直後の不安定な切羽に作業が集中するため切羽の状態を確認して安全を確保することが重要である。現状における切羽の安全性の確認は、熟練の作業員や地質技術者による目視判断に依存しているため、その判断結果には個人差が発生しやすい。筆者らは画像解析技術を応用し、切羽の岩盤性状を定量評価する切羽剥落危険度評価システム¹⁾²⁾を開発した。このシステムを現場にて適用し切羽での安全管理に役立てている(図-1)。しかし、トンネル切羽での剥落危険度評価は、画像解析による風化と割れ目のみの判定では説明することができない場合もある。特に切羽に平行な割れ目の場合は流れ盤か受け盤かの情報が重要になる。そこで切羽の走向傾斜の情報をデジタル情報として簡単に取得するためにスマートフォンで走向傾斜の測定を行い、測定結果を自動で蓄積するシステムを開発した。本稿ではそのシステムの概要について説明する。

2. 走向傾斜データの重要性

割れ目の走向傾斜は、切羽に対しての流れ盤や受け盤などを示す重要な情報である。図-1は筆者らがこれまでに開発した切羽剥落危険度評価システムによって切羽を評価した結果である。このシステムでは切羽写真から画像の色調情報から切羽の風化度と割れ目密度を定量評価し剥落発生確率を算出するシステムである。風化の評価はW2, 割れ目の評価はC2となり、剥落発生確率は77%となる。

一方、従来のシステムでは適切に評価できなかったAトンネルの切羽画像解析結果を図-2に示す。この切羽での剥落発生確率の評価は図-1に基づく0%であったが、切羽面での剥落発生が確認された。この切羽を詳しく見てみると図-3のように画像解析結果に反映されていない切羽面と平行の走向を持つ細かい層状の割れ目が天端部に現れており実際に層状割れ目付近からの剥落発生が確認されている。このことから、適切な切羽評価のためには、走向傾斜データが重要であることが判明したため、現場にて簡単に走向傾斜を測定、記録するシステムの開発を進めた。

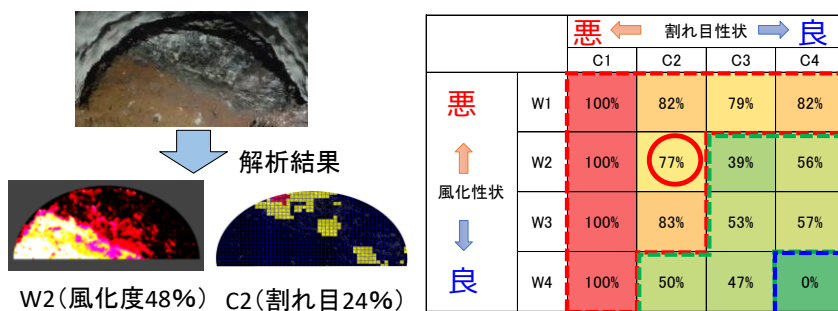


図-1 切羽剥落危険度評価システム



風化性状 :W4
割れ目性状 :C4
→
剥落発生確率0%

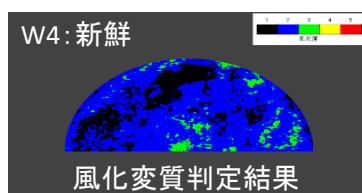


図-2 Aトンネル画像解析結果



図-3 解析切羽の地山状況

キーワード トンネル, 切羽定量評価, 肌落ち, 走向傾斜

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 TEL042-489-659

3. 走向傾斜測定システムの概要

今回開発した走向傾斜測定システムの概要を以下に説明する。走向傾斜測定システムはスマートフォンに搭載されている地磁気センサーと加速度センサーを活用し切羽の方向を基準として割れ目の走向傾斜を測定する。図-4に当システムの測定方法を示す。測定者は切羽写真撮影後、測定する割れ目と平行になる方向にスマートフォンを向け測定ボタンを押すだけで測定を完了できる。撮影写真と測定データは坑内のWi-Fiを通じて坑外の解析用PCに送信され解析PCにて自動的に切羽面の割れ目方向を算出する。解析結果は図-5のように、測定の切羽の縦断・横断方向に対する見掛けの方向を示す図として手元のスマートフォンに返送される。またデータは解析PCに自動でストレージされるのでデータの分析も可能である。このシステムでは、従来のクリノメーターを扱った手法よりも簡単かつ直感的に切羽と割れ目の関係を現地で知ることができるため現場での運用に大きな負担とならない。



図-4 システムの構成



写真-1 測定の様子

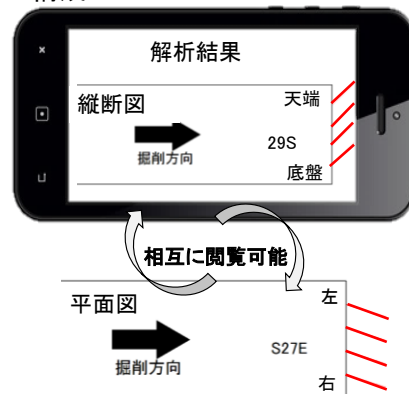


図-5 測定結果の表示画面

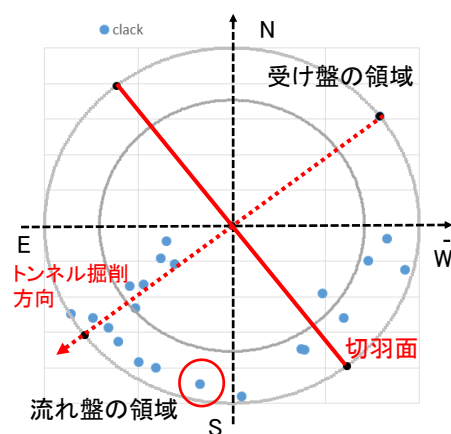


図-6 シュミットネットプロット：下半球投影

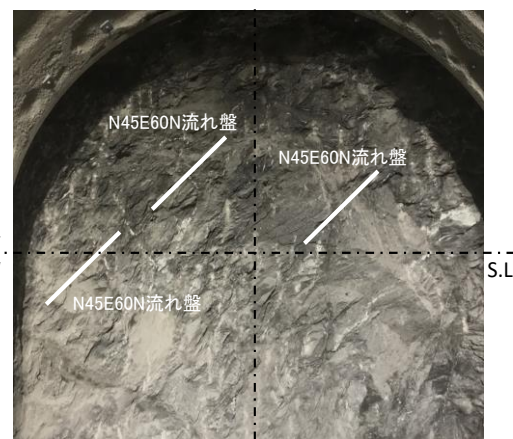


図-7 切羽の観察結果

4. 測定結果

図-6は当システムを用いて測定した各切羽の代表的な割れ目の走向傾斜の分布を示した図である。図中の赤線は切羽面の走向である。図-6を見ると北西-南東方向に走向を持ち切羽面に対して流れ盤となる傾斜を持つ割れ目、北東-南西方向の走向を持ち受け盤となる傾斜を持つ割れ目が集中的に分布している。図-6中の赤く囲んだ測定点の切羽観察簿を図-7に示す。切羽観察でも流れ盤となる割れ目が卓越していることが確認でき、当システムによる評価の妥当性を示せた。

5. まとめ

今回開発したシステムにより、切羽に対する割目の方向（流れ盤、受け盤）を簡易に現地で知ることができるだけでなく、自動的にデータ蓄積することができるようになった。今後は蓄積したデータを分析し剥落発生確率予測のための指標の一つとして活用し切羽の安全性評価の精度を高めていく予定である。

参考文献

- 1) 戸邊勇人, 白鷺卓, 川端淳一, 宮嶋保幸: 画像処理解析による山岳トンネルの切羽剥落危険度予測システムの開発, 土木学会第73回年次学術講演会, III-557, pp.1113-1114, 2018.
- 2) 白鷺卓, 戸邊勇人, 宮嶋保幸, 山本拓治: 切羽崩落事故ゼロのためのIoTによるリアルタイム切羽崩落予測システム, 土木学会第73回年次講演会, VI-016, pp.31-32, 2018.