

大規模急傾斜地における ICT 技術を活用した検査の省力化

ー九州新幹線 三ノ瀬トンネルー

(独) 鉄道・運輸機構 正会員 ○中島 悠樹 (独) 鉄道・運輸機構 正会員 阪田 暁
 中央復建コンサルタント (株) 正会員 永峰 義寛 計測検査 (株) 非会員 村岡 秀人
 九州電力 (株) 非会員 古賀 俊生

1. はじめに

九州新幹線（武雄温泉・長崎間）の三ノ瀬トンネルは、長崎県東彼杵町内に位置する延長 855m の山岳トンネルである。本トンネルの起点側坑口は平均傾斜がおおむね 50°、坑口直上付近では最大傾斜 70°前後の急斜面かつ斜面長 200m を有する大規模急傾斜地となっている（写真 1）。斜面对策工として、発生源対策である吹付け法砕工を実施した¹⁾。このような大規模斜面对策工の目視による保守・検査では多大な時間と労力を要することに加えて危険な作業となるため、これらの解消が求められている。今回、鉄道・運輸機構では、開業に向けての検査のひとつとして、省力化および安全性の確保を目的とした UAV（ドローン）による空中撮影及び画像解析を実施したため、その結果について報告する。

2. 検査方法

本検査で使用した機体及びカメラは、DJI 社製の Matrice600 Pro、PHASEONE 社製の iXM100MP（いずれも九州電力株式会社所有）である。このカメラは、約 1 億画素の静止画撮影が可能である。UAV にて使用される一般的な単焦点カメラ画像（約 2,000 万画素）と比較して、同じひび割れ幅の抽出を行う場合、一度に約 5 倍の範囲を撮影できる。

事前準備として、求められるひび割れ幅の視認精度〔法砕 0.5mm 以上、枠内 1.0mm 以上（フレーム部から続くものは 0.5mm 以上）〕を確保するための対象距離の選定、並びに自動飛行に使用するレーザー点群データの取得を行った。ひび割れの抽出には、対象となるひび割れ幅と同様の実測値データとひび割れ校正シートの画像が必要である。今回は、一般的なコンクリート構造物に比べて凹凸が多い吹付け法砕工の法面において、確実に視認精度を確保するため、ひび割れ校正シートを撮影して対象距離 40m と 26m でひび割れの視認精度の比較を行い、対象距離を 26m と定めた。

斜面長約 200m、幅約 40m の法面を UAV の手動飛行で撮影する場合、対象物と正対し一定距離を保ち続け、且つ撮影範囲を重複させながら撮影をすることは非常に困難である。そこで本検査では、事前に取得したレーザー点群データをもとに、法面の地形ルート（赤線）を作成し、地形ルート上の画像を漏れなく撮影するための飛行ルート（緑線）の設定を行い、九州電力株式会社が保有する特許技術を使用して自動飛行による撮影を行った（図 1）。

この特許技術は、UAV が対象物に対し、水平、垂直、斜めのあらゆる角度で一定の距離を保ち、カメラを



写真 1 斜面全景

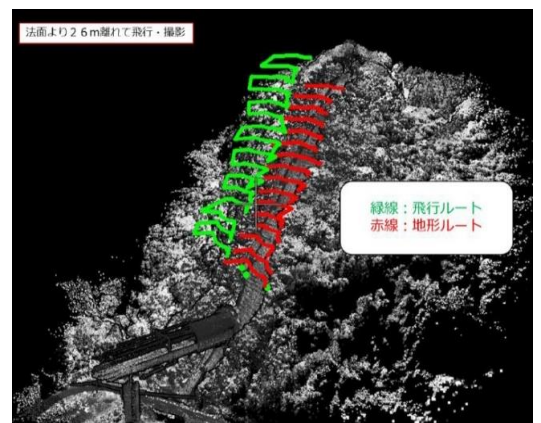


図 1 自動飛行ルート

キーワード ICT, UAV, 大規模急傾斜地, 斜面对策工

連絡先 〒812-8622 福岡県福岡市博多区祇園町 2 番地 1 号 鉄道・運輸機構 九州新幹線建設局技術管理課 TEL 092-283-9610

常に対象面に正対することが可能である。今回のような斜面で、なおかつ凹凸が多い複雑な形状の法面に対しては特に有効な技術である。この技術により、機体の挙動、カメラの角度、シャッターはすべて自動で制御されるため、操縦者の技量に左右されないのが利点である。

実際の飛行では、法面上部から坑口付近までを4回に分けて自動飛行で撮影し、坑口から地上までは自動飛行も可能であるが、橋桁や電線、植生などの障害物があることを考慮し、手動飛行にて撮影を行った。本検査を約2,000万画素の単焦点カメラを用いて行った場合、2日間の作業を想定していたが、1億画素カメラと自動飛行技術を使用した検査手法では、準備も含め約4時間で作業を終えた。これは、自動飛行システムの手順確認などを慎重に行いながら実施した作業時間であり、今後はさらに作業時間の大幅な短縮が可能と考える。

3. 画像解析および結果

3.1 画像解析

撮影した画像の成形後、ひび割れ箇所をトレースし、ひび割れ校正シートを撮影した写真、および数本の実測結果をもとに、画像処理ライブラリ（計測検査株式会社所有）を用いて、ひび割れ幅分類解析を行った（図2）。

3.2 結果

画像から、法枠および枠内にて、ひび割れ幅0.5mm以上が視認できる精度で撮影できており、事前を目視により実施したひび割れ調査結果とおおむね整合していることが確認できた。なお、ひび割れ幅に応じて、ひび割れを自動分類することが可能であることも確認された（図3）。

出力形式は、画像はjpg形式、変状展開図はdxf形式等であり、2つは重畳表示が可能である。さらに、ひび割れの幅および延長をcsv形式で出力できるため、今後の維持管理に役立つことが期待される。

これにより、急傾斜の法面に直接アクセスすることなく、ひび割れの現状が把握できるため、検査の安全性が増し、かつ現地作業の時間短縮が可能となった。

3.3 今後

- ① 今回の撮影では降雨後のため、濡れている箇所もあり、ひび割れ幅解析へ影響を及ぼした。一方晴天でもハレーションの懸念があるため、計測は、法面状態が均一に見える曇天時が望ましい。
- ② 空中撮影後、結果のまとめまでおよそ1か月の期間を要したため、今後は画像解析の時間短縮が求められる。

4. おわりに

大規模急傾斜地の吹付け法枠工に対し、開業に向けての検査のひとつとして、UAVを用いて空中撮影及び画像解析を実施した。その結果、急傾斜地においても安全かつ効率的に検査を行い、必要なひび割れを抽出することができた。今後、同様の斜面に対し、本技術を適用することで、より多くのデータを蓄積し、画像解析の精度向上及び作業の効率化が可能になるものとする。

参考文献

- 1) 秋吉将史, 岩井敦司, 鹿狹耕治: 大規模急傾斜地における坑口部の斜面対策工—九州新幹線 三ノ瀬トンネル—, トンネルと地下, Vol.52 No.2, PP.7-15, 2021

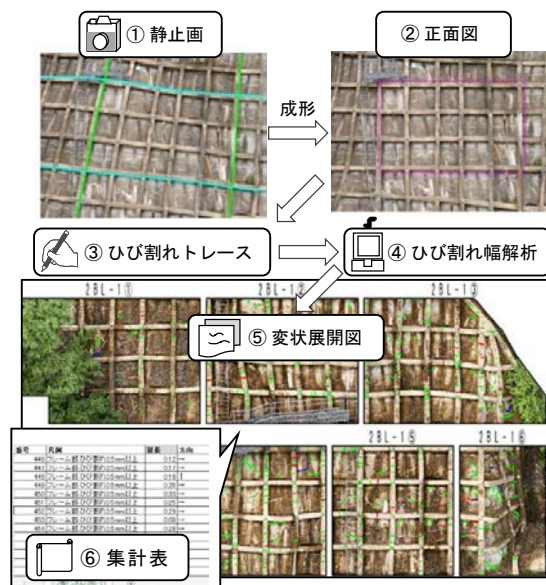


図2 成形から変状展開図作成まで

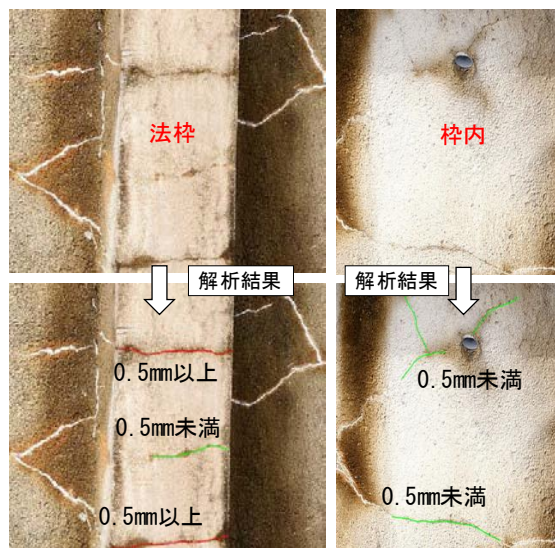


図3 ひび割れ状況