

ドローン撮影画像を用いたダム基礎岩盤の割れ目情報抽出

鹿島建設(株) 正会員 ○三好貴子 戸邊勇人 伊達健介 横田泰宏
マレーシア科学大学 Mohd Ashraf Mohamad Ismail

1. 目的

ダム建設中に行われる岩盤検査では、基礎岩盤の地質情報を得るために地質技術者が岩盤スケッチを描画する。その際、重要となる情報の一つに岩盤の割れ目情報（割れ目の座標、走向傾斜、長さなど）がある。特に亀裂性岩盤の場合、地下水の流れは主に割れ目を經由することから、割れ目の性状や分布の情報が基礎処理工などにおいて重要となる。しかし、従来割れ目の情報は、1本ずつ人力で記録されるため、時間と労力を要していた。

近年、亀裂性岩盤の割れ目情報を SfM (Structure from Motion) を用いてドローン撮影画像から自動抽出する技術が注目されている。例えば、Nagendran et al. (2019)¹⁾は斜面を対象にドローン撮影を実施し、抽出した割れ目情報を用いて斜面安定性解析を実施した。本研究では、現在建設中の成瀬ダム（岩手県、東北地方整備局）の基礎岩盤を対象に、割れ目情報抽出技術を試行し、適用性を確認したのでその結果を報告する。

2. ドローン撮影データの取得

基礎掘削が完了した成瀬ダムの河床部のうち、平場部（約 70m×30m）を対象にドローン撮影を実施した。撮影には一眼レフのカメラ（Panasonic 製 LUMIX GH-4）を、ドローンは DJI 製 Matrice 600 を使用した（図-1）。試験サイトの座標を取得するために、撮影前に標定点（30cm 四方のチェッカ標識）を4か所設置し、各標定点の絶対座標をトータルステーション



図-1 ドローン撮影機材

で測定した。割れ目の走向傾斜を効果的に捉えるために図-2に示すようにドローン飛行高度やカメラ角度および撮影範囲のラップ率を工夫しながら撮影を実施した。撮影で得られた写真の合計枚数は1771枚、各写真の画素数は4608×2592ピクセル、解像度は180dpiであった。

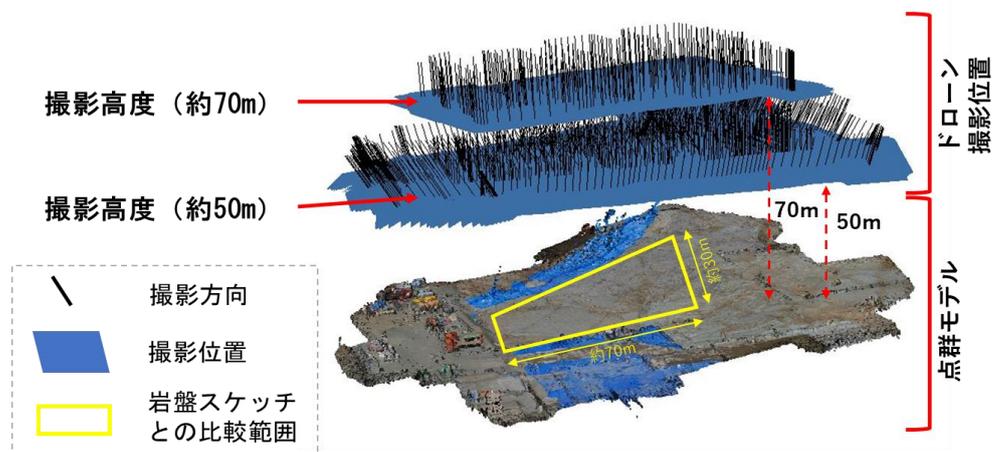


図-2 撮影方法と三次元点群モデル

3. 点群モデルの作成

取得した写真から作成した三次元点群モデルを図-2に示す。点群モデルは、市販ソフトウェア Agisoft Metashape Professional 1.6.3²⁾を使用して作成した。このソフトウェアでは SfM という、複数の二次元画像から共通する特徴点を特定し、その特徴点からカメラの位置および三次元座標の算出をすることで三次元モデルを作成する技術を用いている。今回作成された点群モデルは約 2000 万個の点で構成されており、標定点 4 点における平均誤差は、X 方向で 7.2cm、Y 方向で 6.1cm、Z 方向で 6.4cm であった。誤差は今回の撮影領域の広さに対して比較的小さく、点群モデルの精度は十分と考えられた。

キーワード SfM、割れ目、点群モデル、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 TEL042-489-6659

4. 割れ目情報の抽出

割れ目情報の抽出は、以下の手順で行った。①点群モデルを分割し、点で構成されるセルを作成する。②作成したセルが面を成すかを判定する。③面を成さない判定した場合はセルをさらに分割する。④分割したセルが面を成す場合は周辺セルとの距離、角度を基準に同一面とみなして良いかの可否を判定する。②～④のプロセスを繰り返すことで、三次元点群モデルを二次元の平面データに変換した。その後、二次元データから平場に相当する面（傾斜 0 ± 10 度）を取り除くことで割れ目に相当する面を抽出した。

5. 検証結果

主要割れ目（断層や長い割れ目）の抽出の有無を比較した結果を図-3に示す。点群解析では、色のついた面が割れ目を示しており、各色は傾斜方向を示している。同じ色（傾斜方向）を繋ぐことで確認できた割れ目を黒線で表示している。岩盤スケッチと比較すると、点群解析で抽出された割れ目が岩盤スケッチでも確認できた。一方、岩盤スケッチで確認されたにも関わらず、点群解析で抽出できなかった割れ目も一定数存在する。このような割れ目は、水平面に対して鉛直に近い角度で傾斜しており、凹凸が認識されなかったためと考えられる。

次に、点群解析と岩盤スケッチの割れ目の走向傾斜をシュミットネットプロットで比較した結果を図-4に示す。点群解析では、各面の走向傾斜をインプットとしてシュミットネットプロットを作成した。プロット上で密度が高くなっている部分を卓越方向とし、赤丸で示している。点群解析のプロットでは、密度が比較的高い部分が傾斜90度の範囲（図-4の青丸）にも確認できるが、

これらは撮影範囲に置かれていたカラーコーンなどが原因と考えられるので考慮しない。卓越している割れ目の傾斜方向/傾斜は、点群解析で 310/30、岩盤スケッチで 320/54 となっており、整合性が確認できた。一方で、傾斜に関しては、岩盤スケッチに対して 20 度程度の乖離があったため、向上していく必要があると考える。岩盤スケッチでは、密度が比較的高い部分が傾斜 80 度の範囲でも確認できるが、点群解析には記述したようにカラーコーンなどの影響が含まれているため、傾斜が 90 度に近い割れ目の抽出が難しい結果となっている。

6. まとめ

本研究では、成瀬ダムでドローン撮影を実施し、取得した画像から SfM を用いて基礎岩盤の割れ目情報の抽出を行った。解析結果を岩盤スケッチと比較した結果、主要割れ目の位置および卓越した走向傾斜がほぼ一致することを確認した。今後はさらに割れ目情報抽出の精度を向上させて岩盤スケッチの自動化を目指すとともに、本手法で割れ目のデジタルデータが得られること生かして、地下水解析やトンネルの切羽評価へも活用していきたいと考えている。

参考文献

- 1) Nagendran, S.K., Ismail, M.A.M., and Tung, W.Y. Integration of UAV photogrammetry and kinematic analysis for rock slope stability assessment. Bulletin of the Geological Society of Malaysia, 67, 105-111. 2019.
- 2) Agisoft, L.L.C. Agisoft Metashape User Manual Professional Edition, Version 1.6.3. 2020.

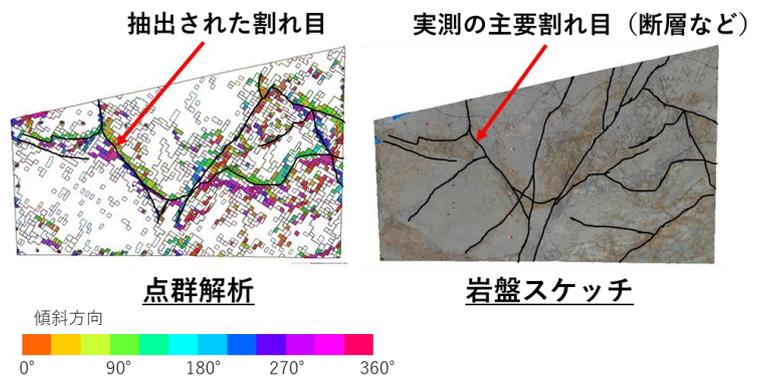


図-3 主要割れ目の比較

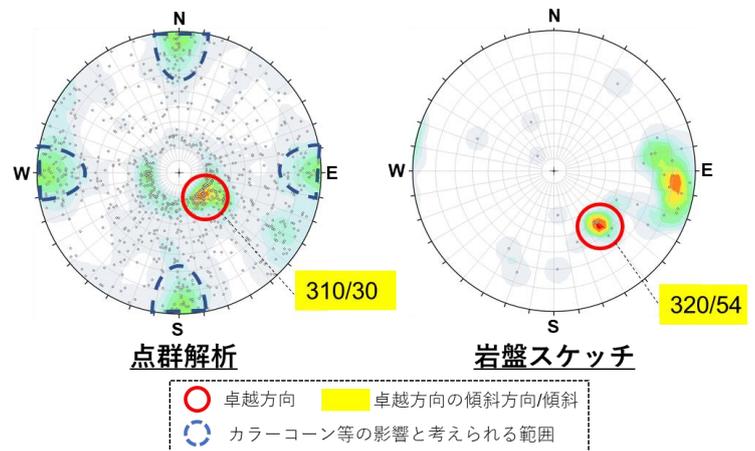


図-4 シュミットネットプロットの比較