大規模重力式アーチダムにおける UAV 撮影を用いたクラックマップ作成と AI 変状スクリーニングの効果検証

八千代エンジニヤリング(株)　正会員　○竹内　勇真，鈴木　伴征
非会員　繁田　淳吾

１．はじめに

重力式アーチダムである湯田ダムは竣工から約 60 年が経過し、コンクリート堤体の経年的な変状や、過去に補修された箇所の継続的な状況把握が課題となっている。特に、堤体上流面については、双眼鏡を用いた遠方目視によるクラックマップが作成されたものの、変状の位置や規模は目視による推定値である。このような背景から、本研究では、ダム施設の長期的な安全性及び機能維持を目的とし、UAV(ドローン)を用いた写真測量法により、堤体上流面のクラック等の変状状況を定量的に把握・評価し、高精度の「堤体クラックマップ」を作成した。

また、目視を主体とした従来の調査手法ではクラックマップ作成に膨大な労力を要する。そこで、デジタル技術を活用した作業の自動化による人的作業の省力化を目指し、AI による変状のスクリーニングの試行を行い、その効果について検証した。

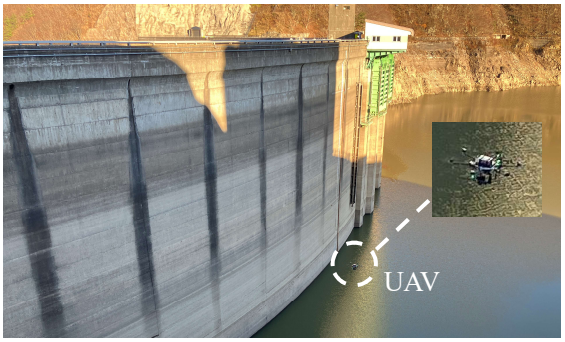


図-1　湯田ダムの堤体上流面

２．UAV(ドローン)を用いた写真測量

本研究では、GPS/GNSS 測位を正常に行えない環境下でも UAV が自己位置を把握し、自律飛行が可能な追尾式トータルステーション(TS)を使用した撮影技術(TS 航法)を適用した。まず、3D レーザースキャナーを搭載した UAV で堤体上流面を計測し(図-1)、詳細な 3 次元点群データを取得した(図-2)。このデータを基に、ダムの湾曲した形状に対して一定の離隔と正対を維持する自律飛行ルートを作成し、高解像度カメラを搭載した UAV を TS で正確に位置を制御しながら飛行させ、堤体上流面を撮影した。撮影画像は約 1.0mm/pixel の解像度で、必要な解像度が確保できていることを確認した(図-3)。

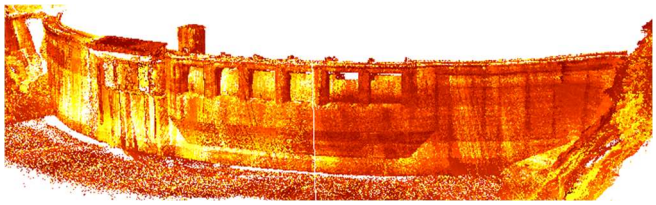


図-2　上流面の 3 次元点群データ

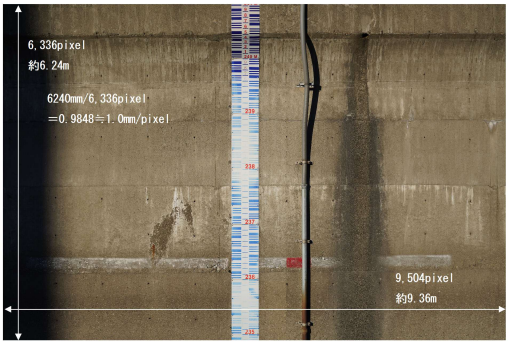


図-3　撮影画像の一例(解像度の確認)

３．クラックマップ作成

撮影した多数の画像から、SfM(Structure from Motion)解析を用いて堤体の 3 次元形状を復元し(図-4)、正射変換により、写真の歪みを補正した「オルソ画像」を生成した(図-5)。この高精細なオルソ画像から、ひび割れをはじめ、剥離、遊離石灰、漏水跡といった変状の種類、位置、大きさ(長さ、幅、面積)を CAD 上で正確に計測し、定量的なクラックマップとして図化した(図-7、図-8)。図化したクラックマップは既存のクラックマップや記録写真と比較し、変状の進行状況、新規発生の有無及び発生傾向の分析を行った。



図-4　SfM 解析結果(歪み補正前)



図-5　作成したオルソ画像(歪み補正後)

キーワード　重力式アーチコンクリートダム，変状調査，UAV，構造物点検，AI，クラックマップ
連絡先　〒982-0802 宮城県仙台市青葉区二日町 1 -23 アーバンネット勾当台ビル 5F
八千代エンジニヤリング(株) 北日本支店 河川・水工部　TEL：022-216-5754

４．AI 変状スクリーニングによる効果検証

人力でのクラックマップ作成と並行し、AI を用いた変状箇所の自動抽出の試行を行った。この試行では、人による変状抽出の一次スクリーニングとして AI を活用し、作業の効率化並びに精度向上を支援する補助ツールとしての可能性を検討した。

AI による変状スクリーニングには、PatchCore という異常検知の手法を用いた。撮影した堤体画像から変状が生じていない箇所の画像を「正常データ」として AI に学習させ、正常値から外れる箇所を「異常＝変状が疑われる箇所」として抽出する AI モデルを作成し、変状抽出結果をヒートマップに図示した。また、「異常の可能性が高い箇所」のみを提示するスクリーニング資料を作成した(図-6)。これにより、画像 1 枚あたりの確認範囲を少なくし、作業者が検出する精度はそのままに、作業時間を短縮することが可能となる。

クラックマップ作成にスクリーニング資料を活用した結果、人力による作業に比べて画像 1 枚あたり 25 秒(約 20%)の作業時間が短縮された。本研究の湯田ダムでは、目視確認するオルソ画像が 100 枚程度であったため、全体で 2,500 秒(約 42 分)の作業時間を削減可能と言える。また、ダム堤体の変状抽出未経験者(10 名)に抽出作業を実施させたところ、クラックマップに記載すべき変状の約 9 割を抽出できる結果が得られた。

５．まとめ

①3D レーザースキャナーによる点群データ取得、UAV 自律飛行ルート作成、空撮による高解像度画像の取得という UAV 空撮手法により、定量的な評価に資するクラックマップを作成した。

②AI での変状の自動抽出を試行した結果、膨大な画像データから、ひび割れや剥離等の変状候補(異常箇所)を自動的に検出できる可能性を示した。

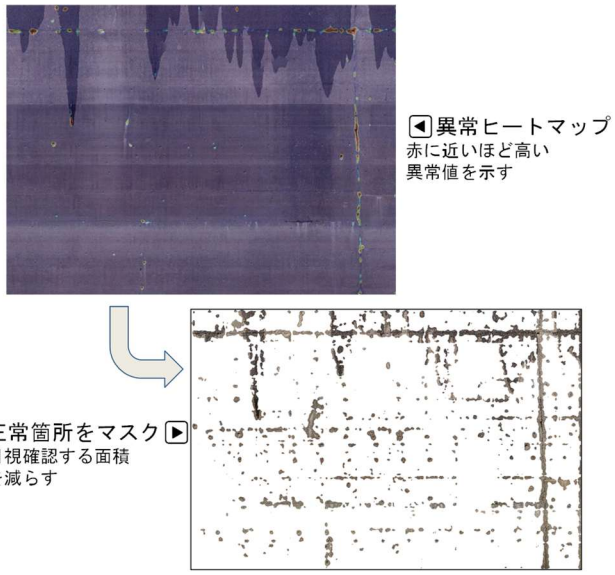


図-6　異常検知結果に基づくスクリーニング資料

③AI による変状スクリーニング資料を用いて、クラックマップ作成作業の効果検証を実施した結果、人力と比較して作業の効率化が期待できることが確認された。

６．今後の課題

従来のクラックマップ作成は、抽出すべき変状か否かの判断が作業者の経験値に依存しており、昨今の人手不足によって従来の点検手法の継続が困難である。

本研究で効果検証した AI 変状抽出では、雪や影を誤検出している箇所も一部確認された。今後他ダムへ適用し、誤検出・抽出漏れの発生状況を分析・評価し、各ダム特有の環境に依存しない汎用性の高いモデルへ改良する必要がある。

謝辞

本論文を執筆するにあたり、フィールドを提供いただきました国土交通省東北地方整備局北上川ダム統合管理事務所湯田ダム管理支所の職員の皆様には感謝申し上げます。

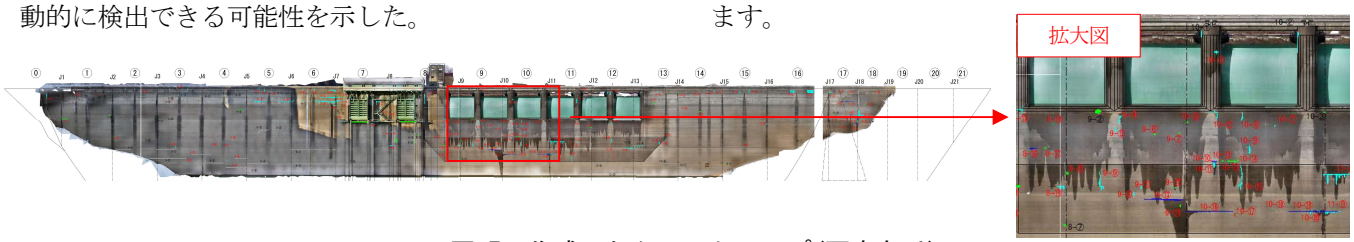


図-7　作成したクラックマップ(写真あり)

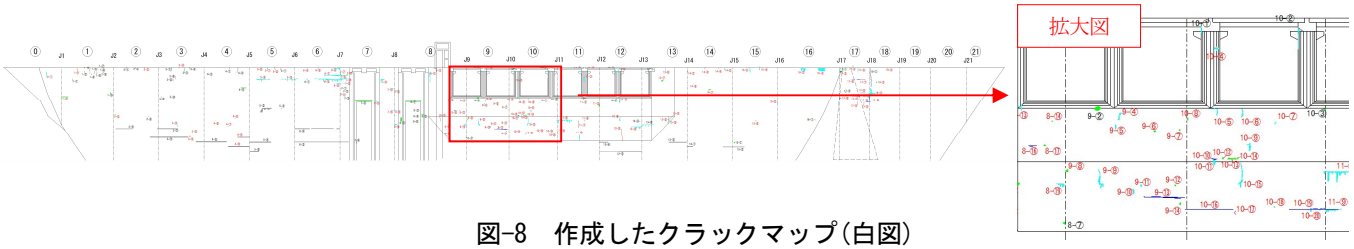


図-8　作成したクラックマップ(白図)

キーワード　重力式アーチコンクリートダム，変状調査，UAV，構造物点検，AI，クラックマップ

連絡先　〒982-0802 宮城県仙台市青葉区二日町 1 -23 アーバンネット勾当台ビル 5F
八千代エンジニヤリング(株) 北日本支店 河川・水工部　TEL：022-216-5754