[共通セッション] 構造物の設計/維持管理におけるAI/DX

2024年9月6日(金) 13:00 ~ 14:20 第3小講義室(経済学部)(川内南キャンパス文科系総合講義棟)

構造物の設計/維持管理におけるAI/DX (11)

座長：湧田 雄基（東北大学）

13:30 ~ 13:40

[CS11-73] ロックフィルダムのリップラップ材風化状況の自動検出および管理高度化に向けた活用検討

*平嶋 智希[1]、藤井 純一郎[1]、粟飯原 稔[1]、鈴木 伴征[1]、権神 侑貴[1] (1. 八千代エンジニヤリング（株）)

キーワード：ロックフィルダム、維持管理、BIM/CIM、画像認識、人工知能、深層学習

ロックフィルダムの堤体表面には内部保護の役割としてリップラップ材が配置される。リップラップ材は風雨や凍結融解等により風化が進行する場合があるため状態把握が不可欠であるが膨大な数のリップラップ材の点検や技術者による判断の個人差が課題となる。本研究では、堤体全体の調査の省力化と風化状況の判断基準の統一を目的としてUAV自律飛行で取得したオルソ画像に画像認識AIを適用し風化状況の自動検出を試みた。その結果、堤体全体の強風化箇所の把握と風化状況の一律評価が可能となった。さらに、管理高度化の検証として検出結果と3次元モデルを組み合わせた結果、立体的な劣化分布把握と劣化要因分析が可能であることを確認した。

© 2024 Japan Society of Civil Engineers

ロックフィルダムのリップラップ材風化状況の自動検出および管理高度化に向けた活用検討

八千代エンジニヤリング(株)　正会員　○平嶋　智希，藤井　純一郎，粟飯原　稔，鈴木　伴征
非会員　権神　侑貴

１．背景・目的

ロックフィルダムの堤体表面には，堤体内部のロック材等の流出や浸食を防止する役割としてリップラップ材が配置されている．リップラップ材の機能を維持することは，ロックフィルダムの安全性を維持するために重要である．リップラップ材は建設時より風雨や凍結融解等の外的影響を受け徐々に風化(劣化進行)する場合があるため，状態の把握が不可欠である。しかし，堤体全体のリップラップ材は膨大な数であるため，人力による状況の把握が難しい。さらに，ダム技術者の熟練度によるリップラップ材の風化状況の判断の個人差も課題となる．

そこで本研究では，東北地方整備局が管理する森吉山ダムを対象とし，堤体全体の調査の省力化および風化状況の判断基準の統一を目的として，UAV(ドローン)自律飛行で取得したオルソ画像に対して深層学習による画像認識 AI を適用し風化状況の自動検出・マッピングを試みた．さらに，AI 検出結果と森吉山ダム 3 次元モデルを組み合わせ，ダム管理高度化の可能性を検証した．

２．従来のリップラップ調査の概要

森吉山ダムでは調査対象に 57 個のリップラップ材を定めて，毎年定点観測を行っている。定点観測では，目視観察とハンマーによる打診結果からリップラップ個体の状態を表-1 に示す基準で判断している．

ダム竣工以降，劣化が顕著に進行したリップラップ個体は確認されていないが，表面の細片化や剥離が緩やかに進行している個体は確認されている．

表-1　リップラップ材劣化区分

劣化区分	硬さ	割れ目間隔	モデル図	劣化状態説明
新鮮	B	Ⅰ,Ⅱ		塊状
小風化	BC	Ⅱ～Ⅲ,Ⅲ		亀裂が発達してひび割れ状 亀裂沿いに一部岩のみ変状
中風化	BC	Ⅲ～Ⅳ		亀裂沿いに岩片状
強風化	C	Ⅳ,Ⅴ		全体に岩片状

３．ダム堤体部を対象とした AI 検出用画像の作成

今回は地上分解能が 3mm/pixel 以下になるように，堤体表面から 27m の離隔距離を取り撮影した．なお,撮影は UAV を自律飛行させることで行った．撮影した画像は SfM 解析と正射変換を用いてオルソ化した．

オルソ化した画像はファイル容量が大きすぎるため，4000×6000pixel に分割することで AI 検出用画像を作成した．分割後の画像は 613 枚となった(図-1).

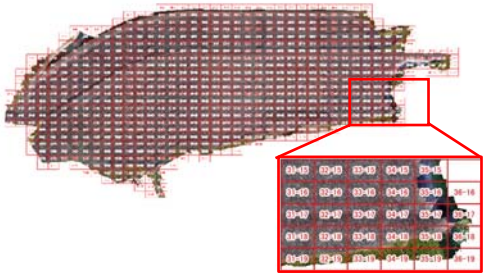


図-1　ダム堤体部における AI 検出用画像

４．画像認識 AI モデルの作成

画像認識の特性上、リップラップの判断指標の一つである硬さの判断が困難である．そこで本手法では，画像から比較的明確に判断できる割れ目間隔を指標とし，ダム管理上重要な強風化に限定して検出を試みた．

強風化箇所を検出するためのモデルを作成するために，検出用画像 613 枚のうち 32 枚を対象に目視判読で強風化のラベリングを行った．ラベリング後，元サイズの検出用画像では AI モデルの学習に使用できないため，1000×1000pixel に再分割した．再分割した画像は拡大・縮小・回転・ノイズ付与をランダムに施し画像を増加させた．その後，画像内に強風化のラベリングが存在しない画像を除外した．結果として 680 枚の学習用画像が得られた．

この学習用データを使用して画像認識 AI モデルを作成し強風化箇所の自動検出を行った．

５．強風化箇所の自動検出結果

堤体全体の検出用画像 613 枚に対して強風化箇所の自動検出を行った．その結果，一定の誤差は含んでいるものの強風化したリップラップ材を自動検出できることが

キーワード　ロックフィルダム，維持管理，BIM/CIM，画像認識，人工知能，深層学習
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)　TEL：022-706-1369

© Japan Society of Civil Engineers

確認された(図-2). さらに，強風化箇所の分布を平面的に把握することもできた(図-3).

これより，堤体全体に対してダム技術者の熟練度による風化状況の判断のばらつきが生じず，同一の判断基準で強風化箇所を自動検出することが可能となった.

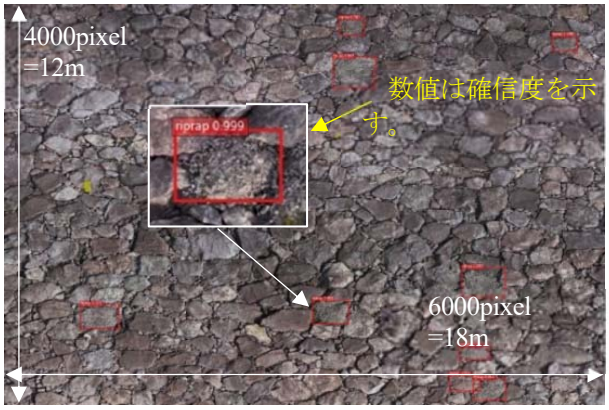


図-2　AI 自動検出結果例

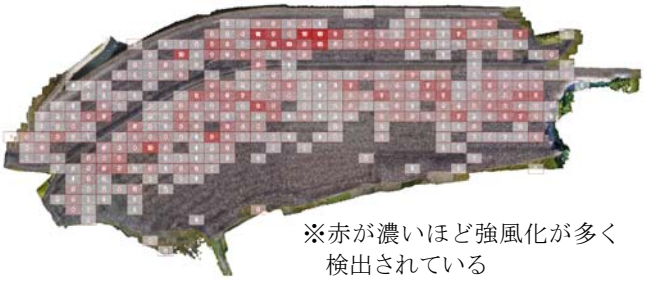


図-3　風化分布図(強風化)

６．３次元モデルによるダム管理の高度化の可能性検証

令和 5 年度より，国土交通省から業務・工事において BIM/CIM を原則適用することが決定づけられている．これに則り，森吉山ダムでも 3 次元モデルおよび統合モデルの作成を実施している.

ここでは 3 次元モデルのうち堤体モデルに，AI による風化検出結果(図-3)をドレープ(貼付)することとした.

ドレープした結果を図-4 に示す．AI による劣化抽出の段階では，平面的な劣化分布の把握しかできなかったが，3 次元モデルと重ね合わせることで立体的に劣化分布の把握が可能となった. さらに, 作成したモデルは Autodesk 社の Infraworks の機能により日照シミュレーションも可能となる(図-5). 1 日だけのシミュレーションであるため，断定はできないが，上流面および下流面湾曲部に濃赤の分布が集中していることの要因として，日が当たりやすい部分から融雪が起こることで，凍結融解を繰り返す頻度が他箇所より高い可能性が考えられる．実際に森吉山ダムでは，下流面の湾曲部周辺の融雪の進行が他箇所よりも早いことが確認されている．このように，劣化の要因分析にも活用が可能となる.

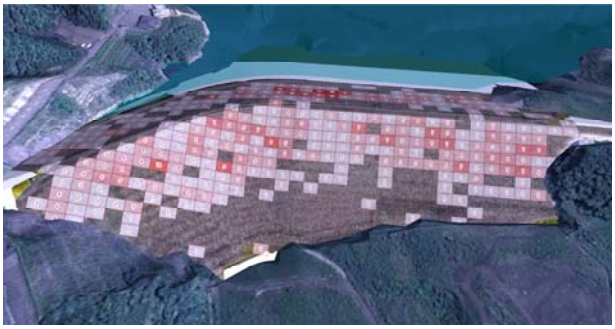
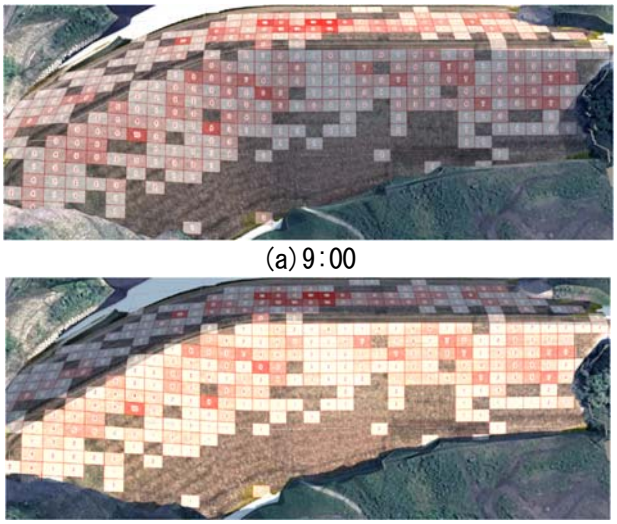


図-4　堤体モデル(AI 検出結果をドレープ)



(a) 9:00

(b) 15:00

図-5　厳冬期の日照再現(2/20 時点)

７．まとめ

本研究では, 画像認識 AI によるリップラップ材の風化状況の自動検出・マッピングを試みた. その結果, 人力では困難だった堤体全体のリップラップ材の状況把握が可能となった．さらに，試算では現地調査のみで約 130 日以上を要するところ，本手法では空撮から検出まで約 90 日で完了した．なお，現地調査とは目視および打診によるリップラップ材の評価までを指す．記録ととりまとめには別途工程が必要となる．また，ダム技術者の熟練度による劣化状況の判断の個人差も課題であったが，同一の判断基準で強風化箇所の自動検出が可能となった.

本手法による堤体全体のリップラップ材の強風化箇所の自動検出結果は硬さの判断は困難であるものの，詳細な現地調査が必要な箇所を把握するための基礎資料として活用可能であると考えられる．さらに、本手法を経年的に適用することで，風化の進行状態のモニタリングも可能となる.

謝辞

本論文を執筆するにあたり，研究フィールドを提供いただきました森吉山ダム管理支所の職員の皆様には感謝申し上げます.

© Japan Society of Civil Engineers