

現場条件に応じた砂防堰堤の基礎洗掘調査手法の検討事例

国土交通省中部地方整備局越美山系砂防事務所 檜野誠、川地淳司、中村英利、篠田修司、小栗奨也
株式会社建設技術研究所 ○石井哲也、古山剛、宇野澤剛、今井健太

1. はじめに

砂防堰堤の基礎洗掘は、堤体の安定性に影響を及ぼす重大な変状であり、施設管理のためには洗掘状況の正確な把握が求められる。しかし、洗掘箇所の水深が大きい、アクセスが困難など、現場条件によって従来の点検では直接計測ができない場合も多い。

越美山系砂防事務所管内の砂防堰堤の変状は基礎洗掘が多く、正確な計測が課題となっていた。そこで、管内の基礎洗掘が疑われる施設のうち、水深が大きく洗掘状況の把握が不十分な「越波谷砂防堰堤」を対象として、新技術を活用した試行調査を実施した。調査では、水中音響3Dスキャナー(以下、スキャナーとする)・水圧式メモリー波高計(以下、水位計とする)による計測、偏光フィルターを装着したUAVによる撮影を行って、洗掘深の計測精度や点検における適用性を評価し、現場条件に応じた今後の基礎洗掘調査手法を提案したことから、検討事例として報告する。

表 1 試行した調査手法

手法	概要	使用機材
スキャナー	音波によって三次元点群データを取得し、水中の状況を把握する。	BV5000(株式会社ハイドロシステム開発)
水位計	水圧から水深を計測する。	INFINITY-WH(JFEアドバンテック株式会社)
UAV	偏光フィルターを装着した UAV による空撮から、洗掘箇所を把握する。	DJI Mini 4pro

2. 新技術を用いた洗掘深計測の試行調査

2.1 調査概要

「越波谷砂防堰堤」において、前述した3手法の新技術を用いて基礎洗掘の試行調査を実施した。当該堰堤の既往点検では、ポール計測により 1.5~1.6m の洗掘が確認されていたが、最深部を捉えているか不明であった。

2.2 調査機器および手法

2.2.1 水中音響 3D スキャナー

図 1 に示すスキャナーは、音波により水中の周囲 360° の三次元点群データを取得することができる。¹⁾

機材の総重量が約 70kg であるため、車両で堰堤の近傍までアクセスし、ロープ等を用いて堰堤下流まで搬入した。計測時は電源確保のため、基地局を設置した。

本調査では、基礎洗掘の全体状況および堤体の根入れを確認するため、計測地点を 3 地点とした。(図 2)

項目	仕様
機材名称	BV5000
周波数	1350kHz
計測レンジ	1~20m(最大 30m)
寸法	26.7×23.4×39.1cm
重量	9.8kg



図 1 使用した水中音響 3D スキャナー



図 2 計測地点および計測状況

2.2.2 水圧式メモリー波高計 INFINITY-WH

水位計(図 3)は、底面にある圧力センサーにより水圧を計測し、水深を把握することができる。洗掘箇所の横断方向に吊下用ザイルを設置し、横断測線上に 1.0m 間隔で計測した。

水位計は、水量が多く、かつスキャナーの設置(堰堤下流側までのアクセス)が困難な現場条件での調査手法の検討のため、適用性の検証として試行した。

項目	仕様
機材名称	INFINITY-WH
計測レンジ	1~25m
センサータイプ	半導体圧力
寸法	φ 70mm×215mm
重量	空中:約 1.2kg 水中:約 0.6kg

図 3 使用した水位計と計測方法

2.2.3 偏光フィルターを装着した UAV による空撮

UAV(図 4)のカメラに偏光フィルターを装着し、空撮による基礎洗掘の状況把握(深さや範囲)として試行した。

項目	仕様
搭載カメラ	12MP 写真 (デジタルズーム:1~3倍)
飛行時間	最大 34分
寸法	298×373×101 mm (長さ×幅×高さ)
重量	0.25kg(バッテリーを含む)
偏光フィルター	C-PL フィルター

図 4 使用した UAV 機体 (DJI Mini 4pro)

2.2.4 水中カメラ

各手法による計測状況および計測値の精度確認のため、水中カメラで基礎洗掘状況を撮影した。

2.3 試行調査結果

2.3.1 スキャナーによる計測結果

堰堤直下流の河床全体の点群データ(図 5)を取得し

た。左岸側が最深部(1.6m)であることや、堰堤基礎部の間詰コンクリートがオーバーハングしている状況など、三次元点群データより明らかとなった面的な河床全体の情報は、水中カメラで撮影した映像と整合していることが確認できた。

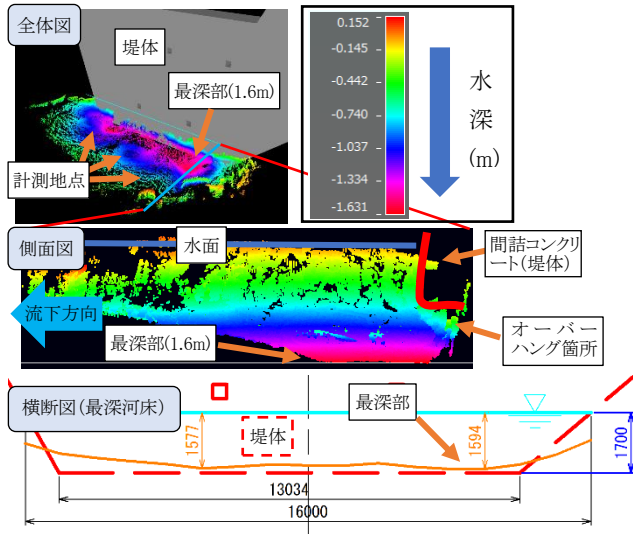


図 5 スキャナーの点群データと計測結果

2.3.2 水位計による計測結果

水位計による計測結果は、2.3.1の点群データから作成した横断面図と概ね一致することが確認された(図 6)。一部箇所ではスキャナーの値と差異があったが、これは、本水位計が圧力式であるため、落下水の影響を受けて水圧に乱れが生じたためと考えられる。

水位計は、スキャナーのような面的な把握はできないが、測線上の洗掘深計測は可能であることが確認できた。

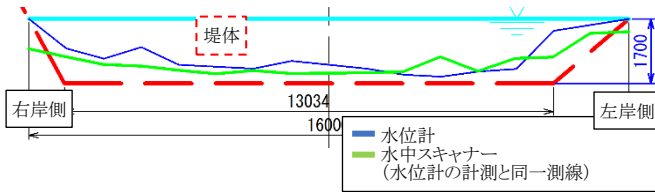


図 6 スキャナーおよび水位計による計測結果

2.3.3 UAVによる空撮(偏光フィルター)

本調査では、偏光フィルターの有無によって洗掘箇所の深さや範囲の見え方に有意な差異は認められなかった(図 7)。ただし、日照条件によっては有効と考えられる。水深が大きい場合、UAV 撮影による洗掘状況の把握は困難であるが、水深が小さい場合は、偏光フィルターや光学ズーム機能付きカメラを活用することで、ある程度の把握が可能と考えられる。



図 7 UAVによる空撮結果

2.3.4 水中カメラによる撮影

水中カメラの映像より、左岸側の広範囲において、埋戻しと思われるコンクリート塊の下面側まで大きく洗掘されている状況が確認できた。(図 8)

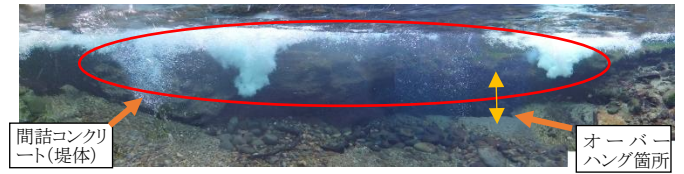


図 8 水中カメラによる確認

3. 現場条件に応じた調査手法選定フロー

試行調査の結果を踏まえ、基礎洗掘箇所の現場条件(調査箇所へのアクセスおよび洗掘箇所の水深)に応じた基礎洗掘調査手法の選定フロー(図 9)を提案した。

フローでは、調査箇所へのアクセス可否と水深の大小により手法を決定するものとし、アクセスが可能で水深が大きい箇所ではスキャナーによる計測、アクセスが困難かつ水深が小さい箇所では UAV による空撮、アクセスが困難かつ水深が大きい箇所では UAV と水位計の組合せ等による計測を提案した。

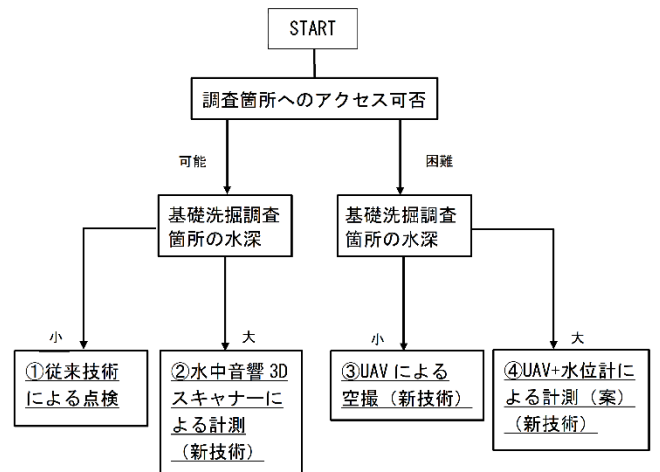


図 9 基礎洗掘調査手法の選定フロー(案)

4. まとめと今後の課題

本調査では、水深が大きく、従来手法では十分な状況把握が困難な箇所において、水中音響 3D スキャナーを用いた基礎洗掘の計測の有効性を確認できた(図 9:②)。一方、スキャナーを使用できないアクセス困難な箇所(図 9:④)について、ここでは、UAV に水位計を吊下げて洗掘箇所へ投入するアイデアを提案した。しかし、軽量な水位計の選定、水流に流されない投入方法や回収方法、UAV 機体の改造申請や墜落防止等の安全対策が必要であり、解決すべき課題は多い。

水深が大きく、かつアクセスが困難な現場条件(図 9:④)の砂防堰堤は全国に数多くあることから、今後、当該条件での調査手法の試行が必要である。

参考文献

1) 矢作ら(2024) 令和 6 年度砂防学会発表概要集, p453-454