

砂防施設の洗掘状況の調査方法について

国土交通省北陸地方整備局湯沢砂防事務所：鈴木 啓介^{*}、吉田 克美
 一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構：渡邊 尚、○村上 治
 応用地質株式会社：山田 祐司、仲田 光輝

※令和3年度時点の所属

1. 目的

砂防関係施設において、洗掘は施設の安定性に直接影響し、施設の倒壊につながる非常に危険な現象である¹⁾ため、その状況を適切に把握することが重要である。しかし施設点検²⁾における洗掘の評価は、点検の安全性や効率性を考慮して、地上からの目視によるものが主であり、洗掘状況の実態の把握は困難である場合が多い。このことから、施設点検時に活用可能な洗掘の調査方法を検討したものである。

2. 洗掘調査方法の検討

2.1 既往資料による洗掘調査方法の整理

洗掘状況の調査方法について、既往資料³⁾等から幅広く資料収集整理を行い、各調査方法の概要、調査難易度、取得可能データなどについて表-1にとりまとめた。

表-1 洗掘の調査方法一覧

No.	調査方法	概要(例)	区分	難易度	取得可能データ
1	紐流し	テープを複数付けたロープを渡して水深を確認	直接	低	洗掘深
2	マーカー追跡	上流からマーカーとなる試料やボール等を流し空洞の連続性を確認	直接	低	空洞、底抜けの有無
3	直接計測	陸上・ボート等から測量用スタッフ等を用いて直接水深を計測	直接	低	洗掘深
4	魚群探知機	超音波により水深を計測	機器	低	洗掘深
5	水中カメラ	手持ちやリモコン式の水中カメラで写真、動画撮影	機器	低	画像
6	潜水調査	潜水士が潜って直接水深計測、写真、動画撮影	直接	中	洗掘深、画像
7	音響測探機	超音波により広範囲に水深を計測	機器	中	3次元地形データ
8	水中ドローン	潜水潜航可能な小型無人機で画像や動画を撮影	機器	中	画像
9	サイドスキャンソナー	音波により広範囲に水深を計測	機器	中	3次元地形データ
10	グリーンレーザ	水中を透過する波長帯のレーザ光により広範囲に水深を計測	機器	高	3次元地形データ
11	ジオトモグラフィ	弾性波や電磁波等による構造物・地質内部構造の把握	機器	高	3次元地形地質データ
12	モニタリングシステム	固有振動数の変化によって洗掘の進行を把握	機器	高	固有振動数

これらの方法のうち、砂防関係施設の定期点検等で活用するためには、調査の難易度が低く、持ち運び可能な簡易な機器とする必要がある。また詳細調査を実施する場合においても、洗掘の状況が不明な施設数が多いことから、なるべく機動性が高く迅速に調査できる方法が求められる。

2.2 現地調査による洗掘調査方法の検証

表-1で挙げられた洗掘調査方法のうち、実際に施設点検で活用可能と考えられる複数の方法について、現地調査を行い、適用性や課題等を検討した。

(1) 現地調査実施箇所

魚野川の支川である水無川本川中流部に位置する高石砂防堰堤で洗掘の現地調査を実施した(図-1)。

高石砂防堰堤は昭和25年に竣工された重力式不透過型堰堤(練石積粗石コンクリート)であり、本堤と副堤から構成され(図-2)、副堤下流側で調査を実施した。

高石砂防堰堤の令和2年度の施設点検結果における施設健全度評価は、本堤の天端間知石の欠損が広範囲で生じていること等からC(要対策)となっている。

副堤の洗掘の変状レベルは、水量が多いことや、川幅が広く洗掘調査を行うための安全対策(親綱設置)ができないこと等から「確認不可」となっている。

(2) 現地調査の実施

高石砂防堰堤の副堤下流側の洗掘状況について、表-1の調査方法における、3.直接計測、4.魚群探知機、5.水中カメラ、8.水中ドローンの方法で現地調査を実施した。それぞれの調査の具体的な方法、特徴および課題等を以下に示す。



図-1 現地調査実施箇所(高石砂防堰堤)



図-2 高石砂防堰堤 正面写真

1) 直接計測

高石砂防堰堤の副堤下流側の水叩きコンクリート上部に人が立ち、測量用スタッフ等を用いて水深を直接計測した(図-3)。

直接計測は最も信頼性の高い手法であるが、計測は点の情報であり、陸上から計測する場合には、人が立ち入りできる範囲のみの計測となるほか、足元が悪い場合には危険性を伴う。

2) 魚群探知機

魚群探知機はハンディタイプのもを使用し、GPSを設置した水中ドローンに水面に浮いたセンサーを牽引させ、連続的に水深を計測した(図-3)。

直接計測と比較した結果、一定の精度で簡易に水深計測ができることが判ったが、(1, A)の点では流れが早くセンサーの向きが安定しなかったことから計測誤差が出ており、(4, A)地点は水深が浅く計測できない結果となった。

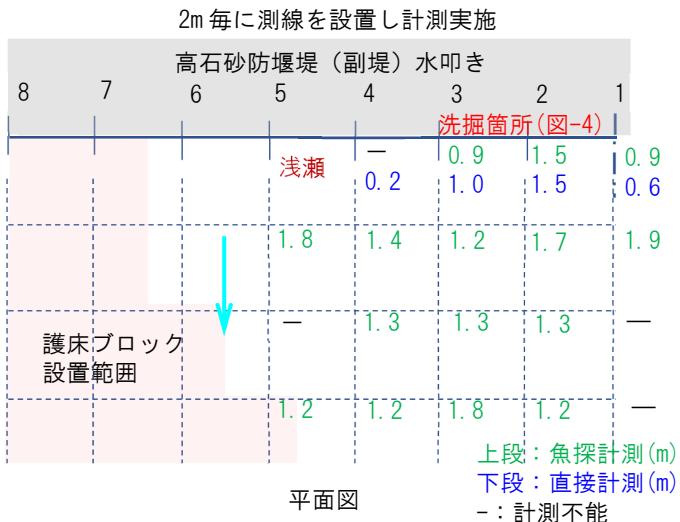


図-3 直接計測値と魚群探知機による計測値の水深比較

3) 水中カメラ

使用したワイヤー型の水中カメラは、本体と合わせても十分持ち運び可能な大きさである。測量用スタッフの先にカメラ部を据え付け、水叩きコンクリートの上部および人が立てる程度の水深が浅い所から洗掘箇所を撮影した(図-4 上側)。

その結果、水叩きコンクリートの下部に隙間があり、下部が洗掘状態となっている状況が明らかとなった。水中カメラの画像では、ある程度の洗掘状況は概略的に把握できるものの、画像のみであり定量的な計測はできず、水の濁度に影響される他、撮影は人が立ち入ることができる範囲周辺に限られる。

4) 水中ドローン

使用した水中ドローンは、本体の大きさが縦38cm、横33cm、高さ14cm、重量4kg程度と比較的軽量で持ち運びが可能である。機動性が高く、水中カメラの画像で写っている水叩きコンクリート下部の隙間から空洞内部に進入し、付属するライトを照射し内部状況を撮影することができた(図-4 下側)。

水の濁度に影響されること、取得データが画像や動画のみであり、定量的なデータ計測ができないこと、適用可能な流速があること等が課題である。

3. まとめ

施設点検で活用可能な洗掘の調査方法について、現地調査を踏まえ検討した結果、簡易な魚群探知機を用いて水深計測を行う方法や、軽量な水中カメラを用いて撮影する方法は、定期点検等でも採用可能であると判断した。実施する場合には、安全に計測・画像撮影ができる箇所や、適用条件を考慮した計測範囲を施設ごとに設定しておき、必要に応じて施設の安全設備を整備することが望ましい。その上で、洗掘が進行していると判断される施設において、水中ドローン等による詳細点検の実施を検討することが有効と考えられる。

今後、これらの調査によって洗掘の点検精度を高めたうえで、施設点検データを蓄積してゆくことが重要である。

また、基礎洗掘を含む施設の変状発生と施設周辺の土砂の移動状況には相関関係があると考えられるため、蓄積した洗掘の点検結果と土砂移動状況の関係を整理することで、将来の洗掘の進行予測や砂防施設へ与える影響について、定量的に把握することが可能になると考えられる。

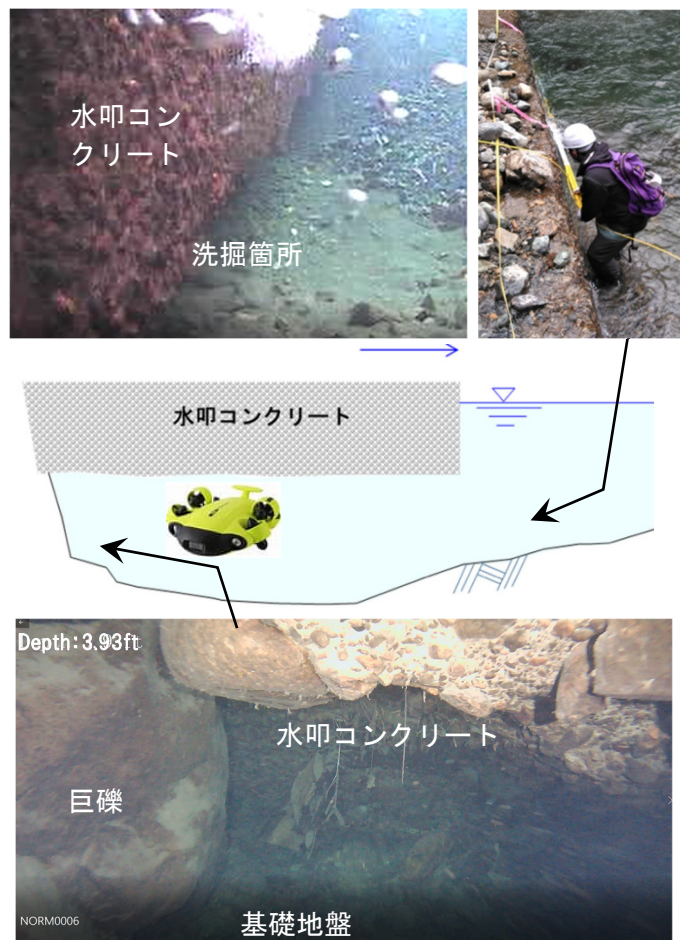


図-4 水中カメラ画像(上側)と水中ドローン画像(下側)

参考文献 1) 水山高久：砂防ダムの災害実態調査，砂防学会誌（新砂防），Vol.31, No.4, p.26-30, 1979
2) 国土交通省砂防部保全課：砂防関係施設点検要領（案），138pp., 2020
3) 国土交通省道路局国道・技術課：水中部の状態把握に関する参考資料，20pp., 2019