

UAV グリーンレーザおよび水中ドローンを用いた 砂防堰堤水叩き部の計測手法と堆積環境の評価

国際航業株式会社 ○水流竜馬、佐野聖岳、渡辺隆吉、佐藤義晴

1. はじめに

砂防施設の維持管理において、施設の安定性に直結する本堤下流部の水叩き部（水褥池）の洗掘状況を正確に把握することは極めて重要である。近年、UAV 搭載型グリーンレーザ測深機（ALB）の普及に伴い、松永ら¹⁾による『UAV グリーンレーザ計測を用いた砂防施設維持管理および土砂動態管理手法への適用』をはじめとして、砂防施設における本技術の有効性が報告されている。

しかしながら、対象施設は堤高 28.0m の大規模な砂防堰堤である一方、UAV の安全飛行や測深の観点では、本堤や高い側壁護岸に囲まれた水叩き部は、信号遮蔽や衝突、鏡面反射によるデータ欠測が起きやすい「センシングにおける狭隘空間」となる。さらに、計測された水面下の点群から実際の河床と水草等の植生を判別することは困難である。本報告では、これら UAV 計測上の制約に対し、飛行計画の工夫と水中ドローンによる検証を組み合わせた施設評価の検証結果を報告する。

2. 調査対象箇所の概要

本調査の対象は、利根川水系沼尾川（群馬県・榛名山山麓の標高約 600m）に位置する「沼尾川砂防ダム」である。本施設は 1986 年に完成した堤高 28.0m、堤長 92.0m の不透過型重力式砂防堰堤である。

本施設は供用から約 40 年が経過しており、直近（令和 4 年度）の定期点検においては、本堤下流の水叩き部および側壁護岸部について「大半が水中に没しており状況不明（未調査）」と報告されている。実際の水叩き部は、本堤および側壁護岸（護岸高約 8m（うち、水位 4m））に囲まれた空間であり、かつ、左岸に設置された吐水部からの多量の落水が滝をなしていることから、従来の人力による水深測量や目視点検は極めて困難かつ危険を伴う環境にある。



図 1 堰堤概況（左：正面、右：左岸側壁護岸）

3. UAV グリーンレーザ計測における飛行計画の工夫と現場対応

本業務では UAV (Matrice600 Pro) にグリーンレーザ機器 (YellowScan Navigator) を搭載した。対象の

水叩き部（本副間距離 約 40m）に対し、機器の視野角（40 度）に基づけば、対地高度 64m（基準高度計測）の 1 コースで十分な計測幅を確保できる。しかし、水面反射や繁茂する草木による欠測を防ぐため、当初より直交する複数コースでの網羅的な計測を計画した。

基準高度での計測後、現場にて解析ソフトのプレビューモードで取得状況を確認したところ、水深が浅く表示され、水底データの不足が懸念された。そのため、鏡面反射の影響範囲を抑え、水底へのレーザ透過率を向上させる目的で、対地高度 34m の「低高度計測」を追加した。



図 2 使用機材（左：Matrice600 Pro、右：YellowScan Navigator）

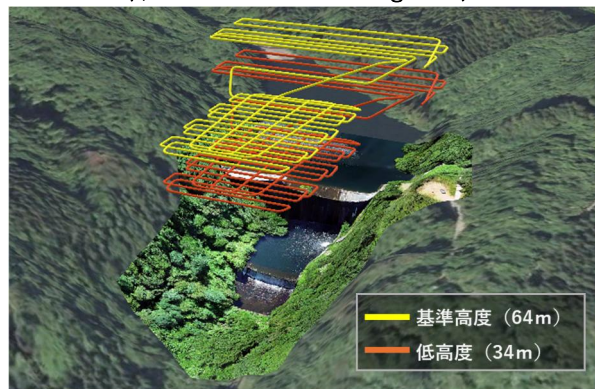


図 3 コース図

4. 解析処理および水底地形の抽出

取得データに対し、点群から水面位置を確定した後、淡水の屈折係数（一般値：1.33）を用いた屈折補正を適用し、水底点群を正しい位置情報へ修正した。また、低高度計測の副作用として近距離の空中ノイズ（ファーストパルス由来）が多発したため、輝度フィルタリングによりこれを除去し、正しく水底を捉えたセカンドパルス以降のデータを抽出した。

5. 堆積環境の評価と水中ドローンによる検証

抽出された水底点群から、水深は約 4m 以内で水叩き部には堆積傾向が推察された。しかし、レーザ計測単独では対象物が構造物か堆積土砂かの判別や、点群密度の不足箇所における厳密な形状評価に限界があり、堆積状況を詳細に確定するには直接的な検証が不可欠である。

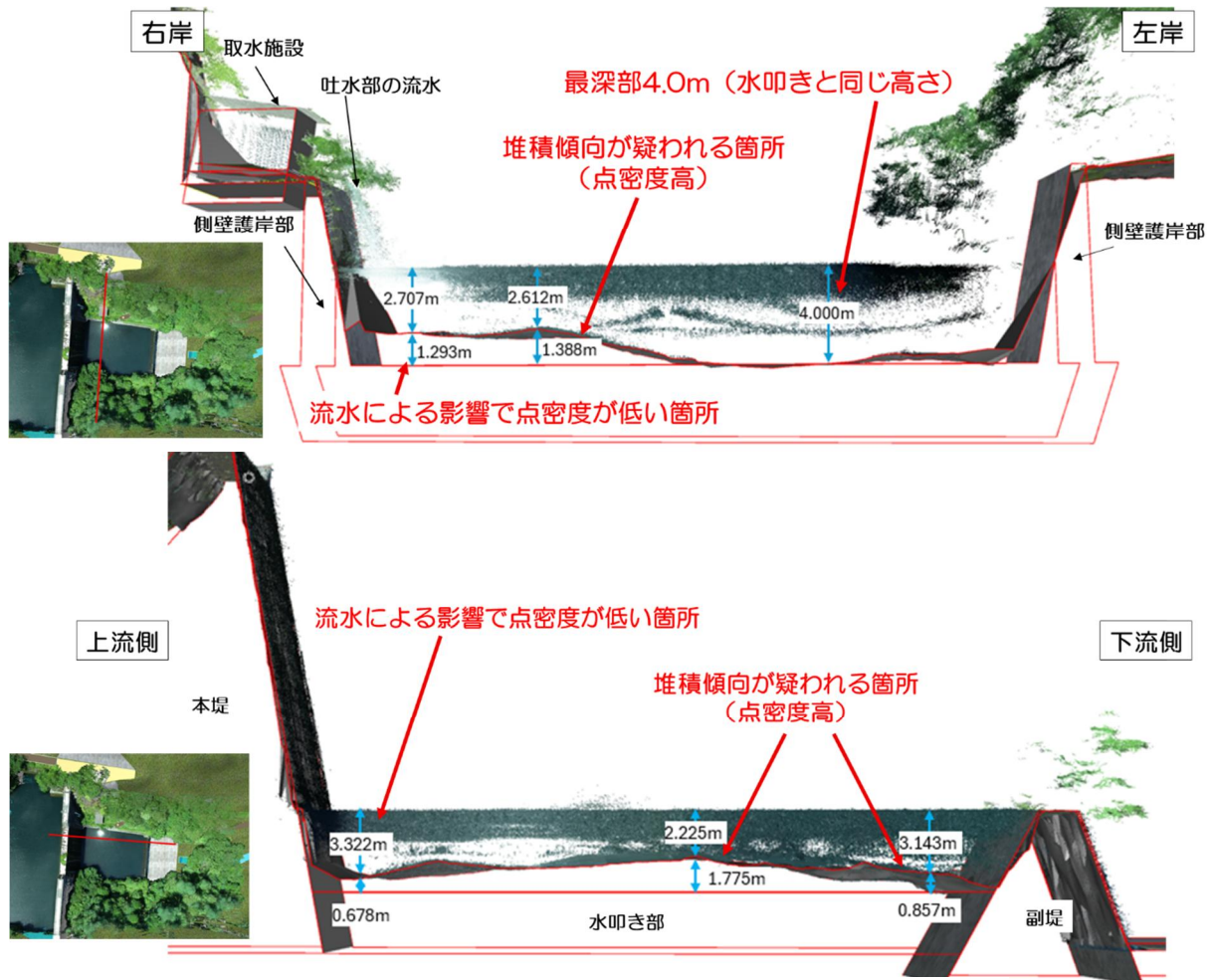


図4 抽出した水底地形 (上：横断面図、下：縦断面図)

そのため、水中ドローン (CHASING 社製 Dory) による潜水目視調査を行った。調査の結果、堆積傾向が疑われる箇所で水草の繁茂を確認した。(図5) これにより、レーザで計測した「堆積高」には植生高が含まれていると考えられる。また、水草の定着は基盤となる土砂の存在を裏付けるものである。これらを総合すると、水叩き部が安定した土砂堆積環境にあることが明らかになった。



図5 水中ドローン撮影結果 (上：水草の繁茂、下：水叩き部)

6. まとめと今後の課題

水叩き部において、UAV グリーンレーザ計測を行うことで、水面下の地形情報を面的に取得することができた。また、水中ドローンを併用することで、レーザ測定の弱点である「底質の判別」を補完し、データの解釈に確証を持たせることができた。

一方で今後の課題として、現場での即時データ確認 (プレビュー) では間引き処理により正確な水底の把握が難しく、低高度飛行への切り替えなどの判断に迷いが生じやすい点が挙げられる。また、本解析には高スペックなPC環境と多大な処理時間を要する。そのため、砂防分野への実用化に向けては、現場でのデータ確認手法の向上と解析処理の効率化が求められる。

謝辞

本報告は、群馬県 渋川土木事務所 発注の「単独公共単独砂防維持管理事業砂防施設補修設計業務」における成果の一部を取りまとめたものです。本調査および計測の実施にあたり、多大なるご支援とご協力を賜りました群馬県 渋川土木事務所の関係各位に深く感謝の意を表します。

<参考資料>

1. UAV グリーンレーザ計測を用いた砂防施設維持管理および土砂動態管理手法への適用 (令和5年度砂防学会研究発表会概要集)