

⑮砂防・急傾斜地での測量業務における安全性・生産性向上について

北陸コンサルタント(株) 令和5年度高原川流域測量その2業務

(工期：令和5年7月7日～令和6年1月31日)

主任技術者 ○武田 智弘
担当技術者 西中 与仁
泉 晴生



キーワード 三次元点群測量、補備、工夫

1. はじめに

本業務は、高原川流域の各地点において、砂防施設等の工事や計画に必要な基礎資料の作成を目的に測量・計測作業を行ったものである。神通川水系砂防事務所管内では新設のほか、改築・補修などが必要な砂防施設が点在しており、現場毎に地形条件や特性、要求される測量成果や取得する地理情報が異なるため、その都度、計測方法の検討や安全対策を講じる必要があった。このうち、地獄平砂防堰堤での測量・計測作業の事例を紹介し、砂防・急傾斜地での測量業務における安全対策等の取組みについて報告する。

2. 業務概要

地獄平砂防堰堤は、蒲田川・平湯川合流点から約4km上流に位置する。平成17年に完成した蒲田川に架かる大暗渠砂防堰堤であり、槍穂高連峰や笠ヶ岳などの急峻な地形を水源とする蒲田川は、大量の土砂を流出し、古くから水害が多かったため、計画された砂防堰堤である。



3. 安全管理上の課題等の抽出

測量・計測の目的は、砂防堰堤直下の洗堀（底掘れ）対策などであり、現地踏査の結果を踏まえ、安全管理上の課題を抽出した。溪流の大半を占める流水部と樹林帯、水深2mを越える地獄平砂防堰堤直下の洗堀部、左右岸の急峻な溪岸地形を考慮し、TSでの地形測量に加え、UAVレーザによる三次元点群測量の実施について検討を行った。

3.1. 測量作業に関する課題

- ・流量が大きく水深の深い箇所が点在し、TS計測では作業員が渡河できる箇所が限られ、転石や浮石などが多く足元が悪いため、転倒による事故の危険性がある。
- ・谷、尾根が連続した地形であり、UAVと送受信機の通信やGNSS衛星の受信が不安定となり墜落の恐れがある。
- ・右岸には旧県道が通り、路線バスや観光客が行き来し、万が一UAVが墜落した場合、二次被害の恐れもある。
- ・近赤外線レーザでは水面下（流水部）の地形は計測できない。
- ・砂防堰堤直下の洗堀部は、水深2m以上あり流速が速く、さらに白泡も立っているため、ゴムボートによる人手での測深ではボートからの転落や沈没の恐れがある。
- ・イワナ等の漁場としても知られ、漁業関係者とのトラブルを避ける必要がある。



■砂防堰堤直下の状況

4. 安全確保への取組み・測量・計測作業の方法

課題への対策や計測方法を社内で協議し、最重要課題は流水部の計測と位置付けた。

4.1. UAVグリーンレーザによる三次元点群測量

- ・地形測量は、その成果を詳細設計で活用することを見据え観測精度を保つため、従来のTSによる点の計測を実施したが、その作業を極力抑え、陸部と水部を同時に計測可能なUAVグリーンレーザ（ALB）測量により実施した。その結果、流水部や急峻な溪岸などの危険箇所の立入りを最小限とし、転倒や墜落被害を防止できた。また、1㎡あたり400点以上の高密度な計測とし、水面下や樹木下の微地形を表現することができた。さらに、従来は不可欠であった伐採を軽減できた。

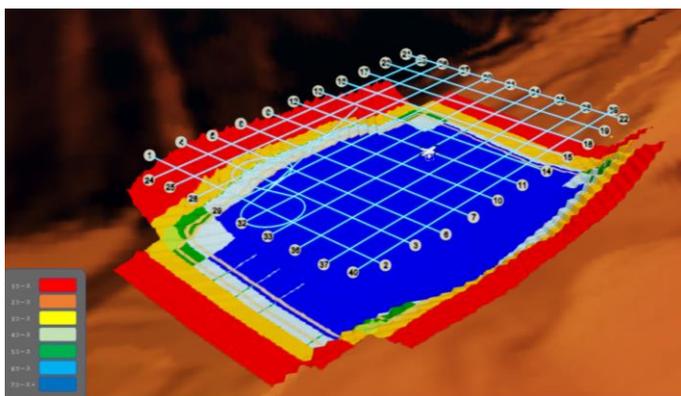


■UAV搭載型グリーンレーザスキャナ



■三次元点群データ（地獄平砂防堰堤）

- ・機体と送受信機の通信やG N S S衛星の受信に関する課題は、予め、国土地理院地図（DEM）を用いて三次元地形を確認し飛行コースを設定した。そのうえで本計測に先立ち、小型U A Vを使用して本計測と同一コースを予撮した。小型機でのシミュレーションにより、通信状況や地形、樹木との離隔距離、電波障害の有無も把握でき、衝突による墜落を防ぐことができた。また、G N S S衛星の受信は、現場で衛星の飛来情報がリアルタイムで確認できるモバイルアプリ「G N S S V i e w」を活用し、常に10基以上の衛星受信が確保できることを事前に確認した。



■ 国土地理院地図（DEM）を用いた飛行計画



■ 衛星の飛来状況



■ 安全監視員の配置

- ・第三者との衝突の対策は、飛行計画時に道路上空より水平方向に30mの離隔を取り、計測時は、念のため、安全監視員を上下線へ2名配置し、機体操縦者との無線連絡により車両通過時はU A Vの飛行を一時停止させ、二次災害を未然に防いだ。

4.2. ラジコンボートによるナローマルチビーム測深

- ・上記のとおり、U A Vグリーンレーザ（ALB）測量により、流水部の地形データは取得できたが、やはり砂防堰堤直下の洗堀部は一部欠測となり、何らかの方法で補測を行う必要があった。そこで、ラジコンボートに搭載したナローマルチビーム測深による補備測量を実施した。ラジコンボートは出来る限りコンパクトで取り回しが効く船体（144×120cm）を選定した。操縦者が陸部より操作するため、従来の河川横断測量のように入水する危険を回避でき安全性が高く効率が良い。漁業関係者とのトラブル回避は発注者より高原川漁協との事前協議により作業に関する理解を得た。



■ 使用したラジコンボート

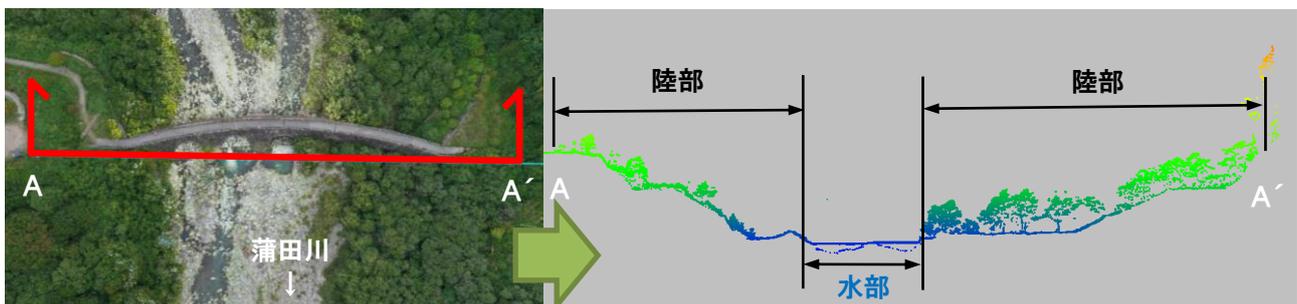


■ ラジコンボートの操作状況

- ・非出水期に入り流量が少ない時期を狙って計測を実施したが、それでも一定の流量があり、ラジコンボートの水中モーターが流量に押し負け、船体が下流へ流されて計測したい地点で船体を安定させることが困難であった。そこで、事前に用意していたポリプロピレン製の水に浮き、水を吸収しないヨットロープを活用し、左右岸（横断）方向へロープを張り、そのロープにフックを掛け船体を固定し、ボートの移動を左右岸のみの単純な操作とした。上流から下流の順に水底の計測（最深部で水深2.7m）を行い、洗堀部全体の補備測量とした。



■ ナローマルチビーム測深による補備測量



■ 三次元点群より断面スライス

■ 横断面図データ（地獄平砂防堰堤の直下流）

- ・なお、計測後に背替え工事を実施されたため、流水がない状態で再度、地上レーザ測量による点検測量を行い、本計測の点群と重ね合わせた結果、水平位置、標高ともに誤差10cm程度であることを確認し、十分な精度であることを証明した。

5. まとめ

本業務では、水面下の計測が可能なUAVグリーンレーザ（ALB）とラジコンボートによるナローマルチビーム測深を併用した測量により、水部・陸部がシームレスな三次元点群を作成し、安全管理の向上を果たせ、結果的に計測日数を縮減でき生産性向上も達成できた。建設業界全体で人手不足や技術者の高齢化が課題となるなか、弊社も例外ではない。技術者が減る一方で、身の周りで起こる集中豪雨や地震などの自然災害は確実に増加しており、最上流に位置する砂防施設が果たす防災の役割は大きく、今後も新技術の積極的な活用により省人化を図るなど、安全性・生産性の向上に繋がりたいと考えている。ただし、重要なのはそれらの技術を運用していく我々の安全意識やスキルアップである。