

# 33 その他

## オブリークカメラによる写真測量の活用事例

(一社)北海道土木施工管理技士会

株式会社玉川組

技術課工事長

建設部工事長

谷口 武俊<sup>○</sup>

中村 広介

### 1. はじめに

本工事は、豊平川河川整備計画に基づき、厚別川の河道を掘削するものである。また、豊平峡ダムの関連施設の補修工事を行うものである。

このうちダム耐震補強とダム管理用通路のキャットウォーク補修について表題の技術を活用した施工管理方法について報告する。

#### 工事概要

- (1) 工事名：石狩川改修工事の内 厚別川河道掘削外工事
- (2) 発注者：国土交通省 北海道開発局 札幌建設管理部 札幌河川事務所、豊平峡ダム統合管理事務所
- (3) 工事場所：札幌市
- (4) 工期：令和3年9月10日～  
令和4年3月22日

### 2. 現場における問題点

札幌市定山溪7区の石狩川水系豊平川に位置する豊平峡ダムは昭和47年に完成したアーチ式コンクリートダムである。

堤高は102.5m、堤頂長は305.0m、堤体上流面の鉛直度はほぼ垂直面で、下流面はやや傾斜があり、アーチ形状により鉛直度は変化している。

今回は豊平峡ダム堤体における耐震補強する目的で補強鋼材（φ140mm丸鋼）をダム堤頂から斜め方向にダム壁面と平行に堤体コンクリートをコアカッターにより削孔を行い、補強鋼材を挿入

した後にセメントミルクを充填し、ダム本体と一体化させることで堤体上部の耐震性能を向上させるものである。コンクリート削孔部の位置・角度の設定を誤ると多目的ダムの機能を損なう可能性がある。

このため堤体断面の形状を補強する断面毎に把握しなければならない。

また、ダム下流側キャットウォークの補修では、アーチ形状によるカーブ補正が補修箇所に影響するか検証し、補修作業実施時はダム堤頂から移動式レーンにて揚重作業を行うため、入念なレーン配置計画と作業可能範囲を判断するため、ダムの構造物形状を把握する必要があった。

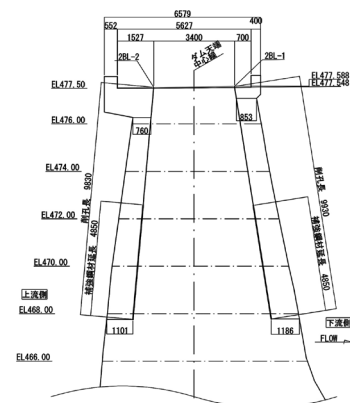


図-1 ダム耐震補強断面図

### 3. 工夫・改善点と適用結果

豊平峡ダム断面形状測量において、断面測量は形状的に測量作業員が直接測定することは不可能である。

UAVにより点群データを取得する方法で測量

を行い、その点群から必要な情報を取得することとした。そこで「UAV測量」、「オブリークカメラ搭載のドローンによるUAV測量」、「TLSによる測量」の3種類を検討した。なお「UAVレーザー測量」はコストの面で検討から除外した。

「UAV測量」では上空から地上を見下ろす位置にカメラが設置されているため、ほぼ鉛直面のダム壁面の情報取得が難しい。「TLSによる測量」では死角が発生し、一部データを取得できない、最適なTLS設置箇所が地形の制約により設置が難しいことが想定された。従来技術によるアーチ式ダムの三次元データ取得には「UAV測量」と「TLSによる測量」の併用を行う必要があり、この場合は工数が多く掛かる。そこで垂直写真に加え、前後左右斜めの5方向を同時に撮影する特殊なカメラ（図-3）で行う「オブリークカメラ搭載のドローンによるUAV測量」により点群を取得することで高所・水上での測量を回避し鉛直面のモデル化と安全性の向上と作業工程を短縮し、ダム形状を把握することで施工管理に活用させた。



図-2 UAV飛行状況

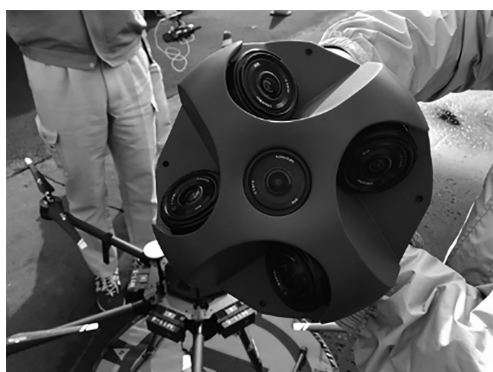


図-3 オブリークカメラ近影

### (1) 外注と自社施工の区分け

オブリークカメラ搭載のドローンによるUAV

測量は自社で機材を保有していないため、測量機関へUAV写真測量から点群処理までを外注し、点群の解析は自社で行うこととした。解析を自社で行う方が即座に結果を出し、施工に反映させることができるためである。

### (2) 測量の工程

ダム補強工の施工開始日は21日間の準備期間を経てから10月11日を目標としていた。UAV測量から点群データの取得には基準点測量を含め4日を要し、その後ノイズ処理したデータを取得するまで14日間を要するため、ノイズ処理を行わないままデータを解析することとした。

豊平峡ダムは日中に観光放流を実施しており、該当箇所の測量できる実稼働時間は3時間/日程度である。オブリークカメラによるUAV測量によりダム本体を含め周辺施設と地形測量には、大規模な特殊形状にも拘わらず点群データを1日で取得することができた。

表-1 UAV測量工程

測量実施日	点群データ作成処理	点群ノイズ処理
10月1日	10月5日	10月15日
1日	4日	14日

### (3) 測定結果

点群数は6700万ほどであり、測定精度は以下となった。

表-2 測定精度

X:	Y:	Z:
42 mm	83 mm	43 mm

#### ① ダム断面形状を取得

ダム断面はダム法線の各位置によりアーチ形状が異なるのでジョイントごとに断面を取得した。

2次元図面取得後、ダム管理用通路断面を現地測定した結果と比較し差異が許容範囲内と判断できた。今回必要とする上下流鉛直面も許容範囲内であると判断した。また、図-4に示すとおり浮遊ノイズにより線がばらついているが、線形により下側の点群を鉛直面とした。このデータを用いて補強鋼材挿入用削孔の施工に反映させた。

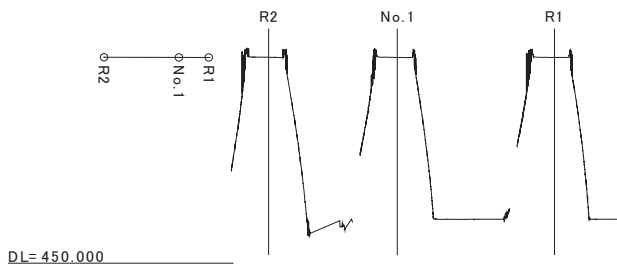


図-4 断面2次元図面

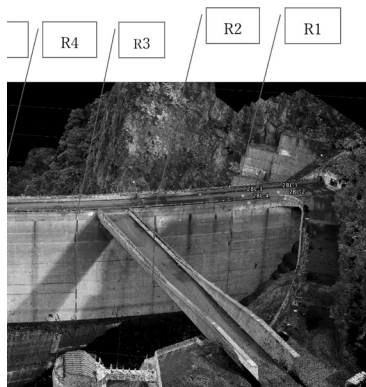


図-5 ジョイント位置図(点群)

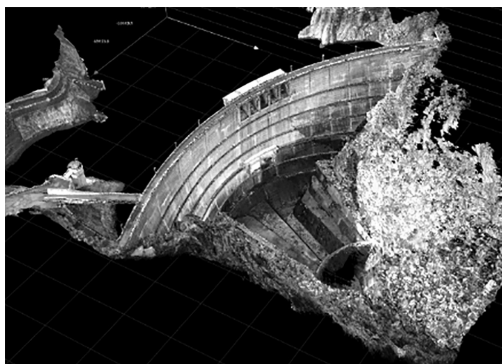


図-6 点群鳥瞰図

② ダムアーチ形状の把握と活用

ダム下流側アーチ内のキャットウォーク補修に伴う鋼製手摺の工場製作があった。この手摺縁切り部の遊間を決定し、曲線形状で干渉しないかを検討した。

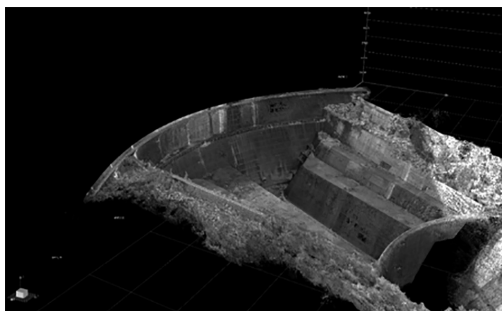


図-7 キャットウォーク部断面取得(点群)

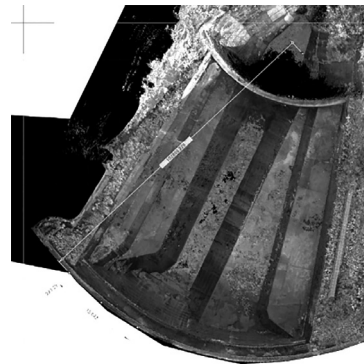


図-8 キャットウォーク部曲率半径取得

該当箇所でのアーチは $R=102.90\text{m}$ であった。

この結果に基づき原寸でキャットウォーク鋼製手摺の製作図を作成した。

1スパン約 $2.35\text{m}$ (基本)に取付けた場合、手摺遊間部で手前と奥でカーブ補正 $2\text{mm}$ 差が生じることが判明した。施工誤差を考慮しても遊間 $20\text{mm}$ あれば施工上支障ないと判断できた。

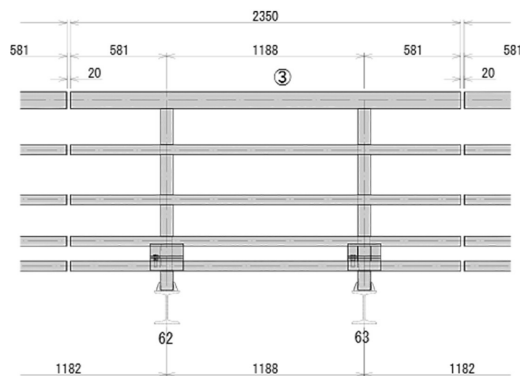


図-9 キャットウォーク鋼製手摺正面図

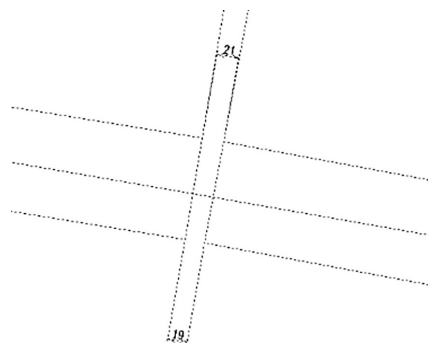


図-10 製手摺遊間平面図

③ クレーン作業計画への応用

キャットウォーク補修の施工に伴い、資機材と既設撤去鋼材の揚重作業が必要となる。

ダム堤頂の実用幅は $W=5.5\text{m}$ であり、揚重作業

に使用するクレーンは、アウトリガーの完全張出しができる小型の13t吊ラフテレーンクレーンを配置とし、3次元配点群モデルにより設置位置と作業半径、吊荷までの高低差、吊り荷重量を検討し作業計画を立案した。

作業半径と高低差は以下の結果となる。

- 破損キャットウォーク撤去箇所

水平距離：18.92m ≒ 20m

高低差：85.40m ≒ 90m

- 仮設材仮置き箇所

水平距離：15.55m ≒ 20m

高低差：73.29m ≒ 75m

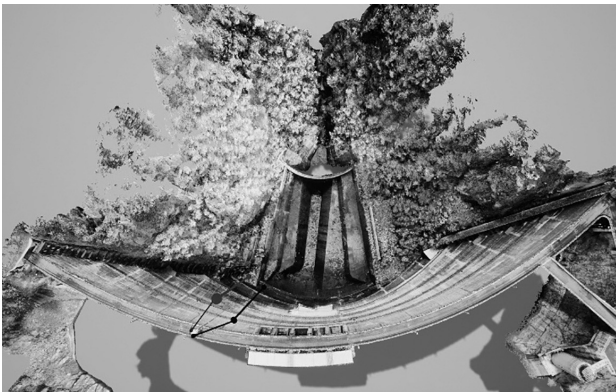


図-11 水平位置取得（点群）



図-12 高さ、水平位置（点群）

当該箇所への揚重作業に必要な作業半径の正確算出は、構造物の特性上通常は困難であるが、3次元データの取得により、クレーン作業計画の立案を容易に行うことが可能となった。

以上①～③の活用は一度点群データを取得することにより、使用したい場面で有効に活用できることがよくわかる事例である。

今まで困難と思われた大型構造物の測量が新し

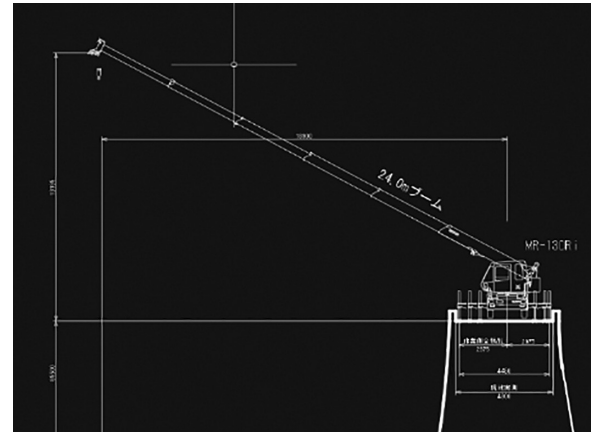


図-13 クレーン作業断面図

い技術で短期間に情報を取得し、有効活用ができることが分かった。今回ダムでの測量なので比較するのがはばかれるが、工程では、TS、TLSと比較し50%、経済性で20%程度以上向上すると推定される。また、急傾斜地での機材運搬作業に伴う安全性は大幅に向上すると思われる。

#### 4. おわりに

ダム現況測量には目的により種々の方法があるが、今回採用したオブリークカメラを用いたUAV写真測量はTS、TLS、UAV測量の弱点をカバーし、特に安全性と経済性の向上が図られた測量技術であり、大型構造物の現況を取得するには有効な手段であると実感した。3次元情報取得と色情報を取得することによるメリットは維持管理の上でも有効であり、この情報があれば経年劣化しても後日この部分の情報を取得し活用が可能である。

現地施工に当り、ご理解と数々の助言を頂いた北海道開発局札幌開発建設部豊平峡ダム統合管理事務所の皆様、並びに、ご協力頂いた工事関係者の方々にこの場を借りてご厚意に心から謝意を表します。