

利根川水系砂防事務所における既設砂防設備のデジタル情報管理

関東地方整備局利根川水系砂防事務所 大坂 剛, 宮崎 英樹
一般財団法人砂防フロンティア整備推進機構 田村 圭司, 今井 一之, 山本 悟, 萩原 弘,
磯谷 和也, 竹内 智志, ○町田 尚久
アジア航測株式会社 山口 和也, 太井 正史

1. はじめに

利根川水系砂防事務所管内では、古くは昭和10年の台風災害を契機に烏川流域で直轄砂防事業が開始され、その後片品川、吾妻川、神流川流域で直轄区域に編入し、現在までに237基の砂防堰堤が整備されている。一方で、近年では施設の老朽化や損傷等による防災施設としての機能低下が問題となっており、LCCを考慮した予防保全型維持管理が求められている。また、国土交通省では、令和5年度からすべての詳細設計及び工事でBIM/CIMを原則適用するなど、最新のデジタル技術を活用した維持管理手法の確立は喫緊の課題である。

ここでは、利根川水系砂防事務所管内の砂防堰堤（不透過型及び透過型）を対象として、現地で行った複数のデジタル計測結果をもとに、BIM/CIMのベースとなる既設構造物の3次元モデルとの差分解析、及び従来の目視点検との比較結果を紹介する。

2. 対象施設の選定について

不透過型砂防堰堤として、神流川流域に位置する「乙母砂防堰堤^{おとも}」、そして透過型砂防堰堤として、片品川流域に位置する「仁加又沢第二砂防堰堤^{に か また ざわ}」の2基を選定した（図1参照）。



図1 対象施設の位置図

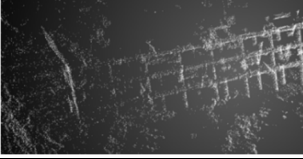
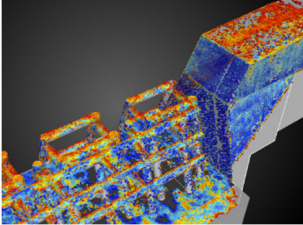
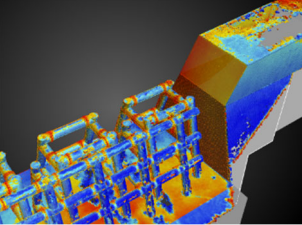
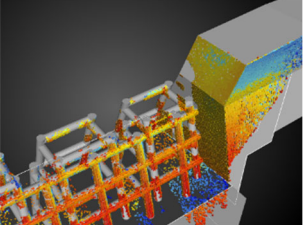
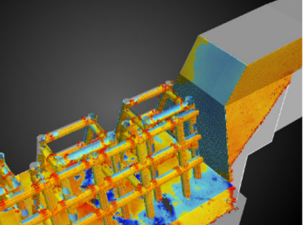
3. 採用したデジタル計測手法について

デジタル計測手法として、画像解析技術及びレーザ計測技術から選定することとした。画像解析からは、「①UAV 写真撮影 (SfM 解析)」及び小型 UAV の「②Visual SLAM (近接撮影)」を採用し、レーザ計測技術からは、「③ハンドヘルド型」及び「④小型地上据置型」を採用した（乙母砂防堰堤では①・②、仁加又沢第二砂防堰堤では①・②・③・④を実施）。

表1 採用したデジタル計測手法一覧

手法	① UAV 写真撮影 (SfM 解析)	② Visual SLAM (近接撮影)	③ ハンドヘルド型 (レーザ計測)	④ 小型地上据置型 (レーザ計測)	LP 計測 (参考)
使用機材	Parrot 	SkydioJ2 	Emesent 社製 Hovermap 	ライカジオシステムズ 社製 BLK360 	TerrainMapper-2 
主な仕様	飛行時間 30 分程度, 搭載カメラ 4K, 静止画サイズ 4864×3648	飛行時間 20 分程度, カメラ 1200 万画素, 最大通信距離 200m, 位置補正 GPS+VIO+SLAM	重量約 2kg, レーザ照射距離 100m, 照射密度 30 万点/秒	重量 1kg, レーザ照射距離 60m, 照射密度 36 万点/秒	照射密度 200 万発/秒, 対地高度 300~5,500m, 水平精度対地 3,000m で 2cm
特徴	1 日に数 km ² の計測が可能, 低層雲での計測が可能, 風の影響を受けやすい, 樹木下の把握は不可	1 日に数 ha の計測が可能, 低層雲での計測が可能, 周辺の障害物を避けながら対象物に 50cm 程度まで接近可能	1 日に 1ha 程度の計測が可能, 低層雲での計測が可能, 森林や屋内の計測が可能	1 日に数 ha の計測が可能, 低層雲での計測が可能, 森林や屋内の計測が可能	1 日に数十 km ² の計測が可能, 低層雲あると不可, 風の影響を受けにくく, 安全性が高い, 樹木下の地表データが取得可能
適用範囲	大きな損傷、摩耗、堆砂状況	大きな損傷、亀裂、摩耗、鋼材へこみ	大きな損傷、摩耗、鋼材へこみ	大きな損傷、摩耗、鋼材へこみ	堰堤位置、周辺の地形変化
密度	10 点程度/m ²	100 点/m ² 以上	100 点/m ² 以上	100 点/m ² 以上	1~20 点/m ²

表2 デジタル計測による点群データ及び差分解析結果一覧

手法	① UAV 写真撮影 (SfM 解析)	② Visual SLAM (近接撮影)	③ ハンドヘルド型 (レーザ計測)	④ 小型地上据置型 (レーザ計測)
点群データ				
差分解析				
評価結果	樹木影響や点群密度が少ないため施設の損傷を確認することはできないが、堆砂数を含めた計測が出来るため、土砂移動状況の把握や概況把握に使用できる。	詳細なモデルを作成できる。複数時期のデータがあれば、摩耗や鋼材のへこみなどの変状を確認できる。近接撮影画像から亀裂などの把握もできる。	詳細なモデルを作成できる。複数時期のデータがあれば、摩耗や鋼材のへこみなどの変状を確認できる。	詳細なモデルを作成できる。複数時期のデータがあれば、摩耗や鋼材のへこみなどの変状を確認できる。

4. 作成点群モデルの形状評価と施設損傷項目毎の把握に適した計測・撮影手法の整理

仁加又沢第二砂防堰堤について、上記4手法によるデジタル計測結果から、点群モデルを作成した(表2 上段参照)。
①UAV 写真撮影及び②Visual SLAM は、SfM 解析により写真から作成した点群モデルであり色情報を有している。一方、③ハンドヘルド型は、今回動画の撮影を行わなかったため色情報を有していない。また、④小型地上据置型は、同時に撮影した画像から色情報を有している。

はじめに、既設構造物の竣工図から3DCAD (BIM/CIM) モデルを作成し、点群データとの差分解析を行った(表2 下段参照)。

いずれのデジタル計測手法でも構造物の形状を概ね示すことはできたものの、手法によってはうまく計測できない箇所が存在することが確認できた。詳細を以下に記す。

①UAV 写真撮影は、上空から垂直写真を連続的に撮影してモデルを作成する手法であるため、樹木等に覆われた部分は計測が出来なかった。また、点群の密度が最も少ないため、鋼製構造物の細部まで把握することはできなかった。一方で、比較的広域の計測が可能であることから、堆砂数の計測も同時に行うことが出来た。

②Visual SLAM は、UAV に6方向のカメラが搭載されており、遠景や近景を撮影することで鋼製構造物の細部も概ね把握することが出来た。

③ハンドヘルド型は、砂防堰堤の前面及び背面から計測を行っているため、前面あるいは背面から見通せる部分については詳細に計測出来ているものの、鋼製構造物の内側や上部については欠測している。また、色情報がないため、断面図等を作成して形状を把握する必要がある。

④小型地上据置型についても、砂防堰堤の前面及び背面から計測を行っているため、ハンドヘルド型と同様の傾向が得られた。ただし、1回の計測時間は10分程度と短く、色情報も容易に取得できることから、3次元点群モデルによる詳細な形状の把握が可能である。

次に、各デジタル計測手法の画像情報及び作成した点群モデルと差分解析の結果より、施設損傷項目毎の把握に適した

計測・撮影手法を表に整理し、以下に計測手法毎に損傷等把握の特徴をあげた。

①UAV 写真撮影では、大きな損傷は画像情報から確認できた。一方、②Visual SLAM、③ハンドヘルド型及び④小型地上据置型については、かなり詳細なモデルを作成できるため、摩耗の程度や鋼材の凹み等の確認が可能と考える。特に、②Visual SLAM は近接画像を撮影していることから、図2に示した管理ビューワを活用することで、細部の損傷を確認できるため、複数時期の計測データがあれば、損傷状況の時系列的な変化も把握することが可能である。



図2 Visual SLAM 計測結果の管理ビューワ

5. 終わりに

今回、既設砂防堰堤において複数のデジタル計測を行い、その利点及び欠点を整理し、今後のデジタル情報管理に資する「砂防関係施設維持管理におけるデジタル情報管理の手引き(案)」を作成した。ただし、構造物のどの程度の損傷まで把握する必要があるのか、全ての堰堤でこれらの計測を行うのは難しいため、石積堰堤や重要度の高い堰堤などの選定について検討する必要がある。

【参考文献】

- 国土交通省 (2022) : BIM/CIM 活用ガイドライン (案) 第3編 砂防及び地すべり対策編, 163pp.
- 国土交通省 (2022) : 発注者における BIM/CIM 実施要領 (案), 27pp.