ＵＡＶ、地上型３Ｄレーザーを活用した既設特殊砂防堰堤（アーチ式、三次元）の安定性評価について

関東地方整備局利根川水系砂防事務所※：神野忠広,工藤卓也,風間宏,野田侑希
パシフィックコンサルタンツ株式会社：○片岡宏介,金丸智和,飛岡啓之

1. はじめに

利根川水系砂防事務所では、昭和 30 年前後に建設されたアーチ式砂防堰堤及び三次元砂防堰堤（以下、「特殊堰堤」と称す）が 10 基存在する。特殊堰堤が設置されている場所は、堅固な岩盤が露出し、V 字谷の急峻な地形に建設されており、常時流水が多い箇所では堰堤付近までアクセスができない場合が多く、近接目視による変状の調査が困難である。また、アーチ式砂防堰堤は堰堤自重で安定性を確保する重力式砂防堰堤と異なり、堤体に作用する外力を、アーチ作用を利用して両岸の基礎岩盤に外力を伝達させる構造で、基礎地盤に対して高い強度が要求される。そのため、両岸の基礎岩盤は、やせ尾根や、オーバーハングがみられる場合には、剪断長の欠損により安定性に課題が生じる可能性がある。

そこで本発表では、アクセス困難な特殊堰堤の変状把握および、安定解析（3 次元 FEM）のモデル作成を行う上で必要となるオーバーハング等の詳細地形を把握するため、UAV を用いた高解像度カメラによる空撮と、地上型 3D レーザー（以下、「3D レーザー」と称す）を活用し、堰堤の安全性・安定性を検証した結果について報告を行うものである。

2. 対象施設

利根川水系砂防事務所管内片品川流域に位置する表-1 の特殊堰堤 3 施設を対象として、調査・計測を実施し、安全性・安定性の評価を行った。

表-1 既設特殊堰堤の概要

項目	平川第二砂防堰堤	戸倉砂防堰堤	硫黄沢第一砂防堰堤
状況写真			
竣工	昭和 33 年	昭和 33 年	昭和 39 年
位置	片品川流域・泙川筋	片品川流域・笠科川筋	片品川流域・硫黄沢筋
堤高	28.0m	17.5m	23.0m
形式	アーチ式	アーチ式・右岸袖部重力	三次元

3. 調査概要

アクセスが困難な箇所の変状調査については UAV（DJI 製 Phantom4）に高解像度デジタルカメラ（NIKON D800）を接続させ空撮を行い、堤体表面のひび割れ等の変状を把握した。

また、水通し天端の磨耗の測定ついては、上流側が堪水しており、直接ポール等を用いた計測は危険が伴うため、3D レーザー（TOPCON 製 GLS-2000 スキャナー）により磨耗深さの測定を行った。

写真- 1　戸倉砂防堰堤のオーバーハング

さらに、安定性評価のためのモデル図の作成にあたって、既存の航空レーザー測量による地形図では写真-1 に示すようなオーバーハング部の再現ができていない。地形を精度良く再現するため、3D レーザーにより得られた点群データから、合成処理を行い、樹木情報を除去し、3D サーフェスモデル、解析用のメッシュモデルの作成を行った。不足するデータについては UAV による撮影写真により、画像補完を行った。

※所属は 2017 年 3 月末日時点

4. 安全性の評価

堤体の安全性については、強度、耐久性、耐摩耗性の観点で評価を行った。強度、耐久性の評価は、コンクリートのコア採取を行い一軸圧縮強度・アルカリ骨材反応等のコンクリート調査を実施し、一般的なコンクリートと同等以上の強度を有していることを確認した。また、以下に UAV、3D レーザーを活用した安全性評価について示す。

4.1 変状の把握

直接アクセスできない箇所の変状について高解像度カメラ（UAV）を用い写真判読を行い、損傷図を作成した。ひび割れについては幅 0.3mm 程度の微細な変状も判読可能であった。

4.2 耐摩耗性

3D レーザーを用い、水通し天端と観測点との標高差から磨耗深さの計測を行った。磨耗深は深いところで 15cm 程度であり、竣工から 60 年程度経過していることを考えると耐摩耗性に問題はないと判断できる。（写真-2）

写真- 2　平川砂防堰堤の水通し天端状況

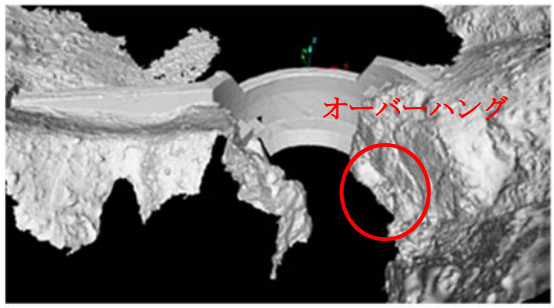

図- 1　戸倉砂防堰堤 3Dサーフェスモデル

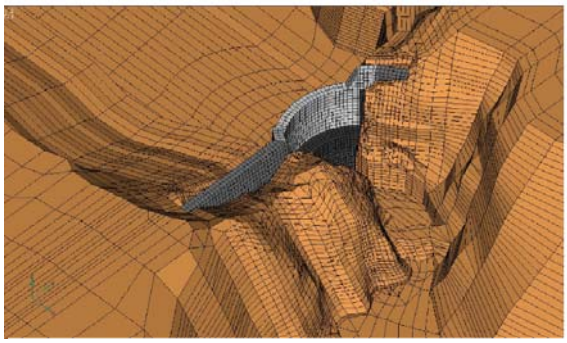

図- 2　戸倉砂防堰堤モデル図

5. 安定性の評価

特殊堰堤の安定解析として 3 次元モデルを作成した上で、3 次元 FEM による安定解析を行った。

5.1 3 次元モデルの作成

3 次元モデルは、3D レーザーを用い、オーバーハングなどの細部の地形を反映した詳細なモデルの作成ができた。（図-1、図-2）

5.2 安定性評価結果

戸倉砂防堰堤の洪水時の安定性の検証結果を図-3 に示す。評価は、コンクリート調査により求めた許容応力度と基礎地盤に対するせん断安全率について行った。圧縮応力について許容応力度 1.74N/mm² に対して、7.50N/mm² と十分な安全性を有していることが分かった。また、引張応力については、下流面の下流左岸側のアバット岩着部では許容応力度 0.75N/mm² を越える引張応力 0.87N/mm² が生じている。一般的にアーチダムの下流側アバットメント部に対する引張応力は、クラックが生じたとしても発展性も収束性もないため、1N/mm² 程度なら許容される[1] ことから、安定性に問題ないものと判断できる。また、左岸アバット部の剪断安全性について確認を行い、オーバーハングがあるものの必要安全率 Fs＝4 に対し十分な安全性が確保されていることを確認した。

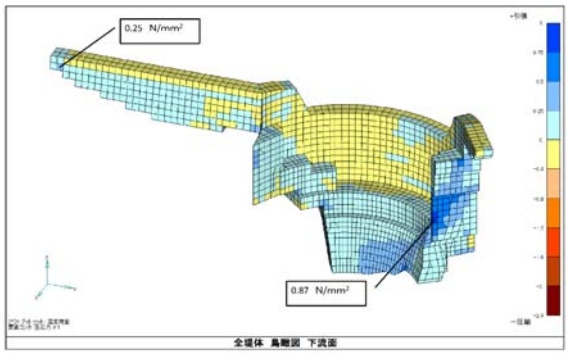

図- 3　戸倉砂防堰堤安定性評価結果
（洪水時の引張応力の例）

6. まとめ

本検討により、高解像度カメラ（UAV）、3D レーザーを用いることで、以下の有用性が認められた。

① 直接目視が困難な砂防堰堤の変状把握において、調査時の安全性、効率性の向上が図れた。

② 調査に危険の伴う水通し天端の磨耗量について、定量的に評価することができた。

③ オーバーハング等の微地形を考慮した 3 次元モデル図を作成することで精度の高い安定解析が可能となった。

また、今回のような事業初期となる調査段階から、三次元データを用いることで、施設の補修補強等が必要となった場合、詳細設計の効率化、検討内容の綿密化、設計品質の向上等が期待できる。さらに、地質データや堤体材料等の情報データをモデル上で 1 元化することにで、砂防堰堤の効率的な維持管理を行うことが期待できる。

＜参考文献＞　1) 飯田隆一（1992）コンクリートダムの設計法