

CIM モデルを用いた鋼製砂防構造物の健全度評価手法及び UAV による砂防施設の点検事例

八千代エンジニアリング株式会社 ○横尾公博, 長塚結花, 児玉龍朋, 佐島裕也
国土交通省 北海道開発局 室蘭開発建設部 苫小牧河川事務所 吉川 契太郎, 真野拓司, 村井瞳

1. はじめに

砂防施設は、出水や地震などの外的要因による損傷や時間経過による劣化が生じる一方で、求められる機能や性能を長期にわたって維持・確保していく必要がある。H31.3 に改訂された点検要領¹⁾や長寿命化ガイドライン²⁾により、砂防施設の点検を統一した視点で実施し、適切な維持管理や長寿命化計画の策定が求められている。

しかしながら、要領¹⁾では砂防施設の多くを占める堰堤型式であるコンクリート構造物を主な対象としているため、鋼製砂防施設の点検項目や変状レベルの評価手法が確立されているとはいえない。

本検討では、北海道苫小牧市に位置する樽前山直轄火山砂防流域内にある既存鋼製砂防施設 2 基を対象として、3Dレーザースキャナを用いて対象砂防施設 A の壁面材形状を詳細に計測するとともに、対象砂防施設 B のアクセス困難箇所における変状レベルを UAV を用いて評価した事例を報告するものである。対象施設は、表 1 に示すとおりである。

表 1 対象砂防施設

施設	構造	堰堤長	堰堤高	竣工年
A	セル/DW	570.5m	14.5m	H17
B	セル/DW	234.0m	14.5m	H29

2. 3Dレーザースキャナを用いた鋼製砂防構造物の詳細計測

2.1 計測概要

鋼製セル型砂防堰堤の変形量を簡易的に計測する手法として下振り法による計測があげられる(図 1)。しかし、下振り法ではセル下端が基礎工により拘束されていると仮定した場合のたわみ幅を測

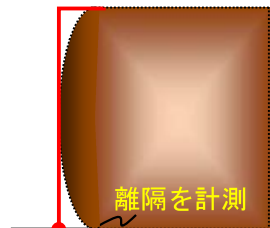


図 1 下振り法による計測

定可能である一方、セルが安定性を確保しているかの照査をすることはできない。鋼製セル型砂防堰堤の外殻は直線鋼矢板を千鳥状に配置することで構築されており、鋼矢板継手部の嵌合代分の変形は生じうると考えられる。ここで、直線鋼矢板の幅は、1枚当たり 500mm である一方で、鋼矢板間の継手嵌合部を最も押し込んだ状態とすると 1 嵌合部当たり 5mm の余裕が生じ、鋼矢板の幅は 495mm となる(図 2)。すなわち、仮に変形が認められる場合でも嵌合代の内数であれば変状レベルとしては「a: 損傷なしもしくは軽微な損傷(要領¹⁾)」といえる。

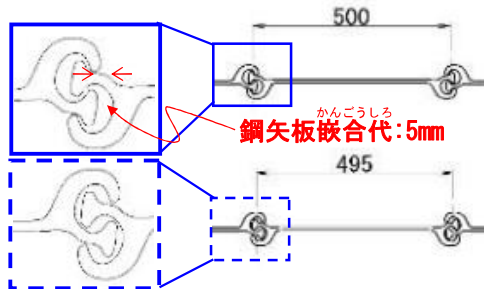


図 2 継手の嵌合代

従って、鋼製セル型砂防堰堤の健全度を評価するためには、その周長を計測することで、鋼矢板や継手に変状が生じていないかを把握する必要がある。本計測では、高精度の分解能を有する 3D レーザースキャナを用いて立体的な形状を計測し、3次元モデルを作成することで、鋼製セル型砂防堰堤の変形量を高精度に把握した。計測には Leica Geosystems 社製のスキャナ搭載型トータルステーションである「MS60」を使用した。点群データは約 5mm 間隔で取得し、同社製の測量ソフトである「Leica infinity」を用いて取得データを点群データに変換した。変換した点群データを「Wing Earth」を用いて樹木等の除去を行い 3次元モデルを作成した上で、「AutoCAD Civil 3D」を用いて可視化及び周長の計測を行った(図 3 及び図 4)。可視化及び周長の計測は、施設 A のアークセル「C3 セル上流面」と独立した単独セル「C4 セル下流面」の 2 面で実施した。

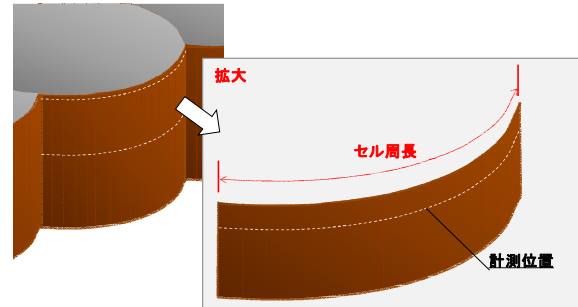
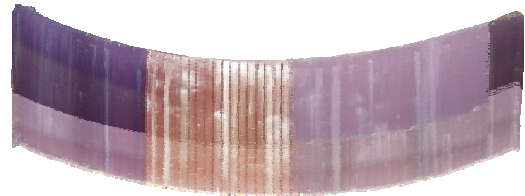


図 3 セル周長の詳細計測概念図



2.2 詳細計測結果

セルの設計値(鋼矢板のかみ合わせによる幅の範囲)と本計測でのセル周長を比較した。ここで、対象砂防施設は、直線鋼矢板継手のかみ合わせ部の余裕代を考慮せず、1 鋼矢板当たりの延長を 500mm として設計・施工されている。従って、鋼矢板 1 枚当たりの延長を 500mm とし、円周方向の列数を乗じることで、セル周長の最大値とした。また、直線鋼矢板のかみ合わせを最小とした場合の鋼矢板 1 枚当たりの周長は 495mm であるため、最大値と同様に円周方向の列数を乗じることで、セル周長の最小値とした。すなわち、計測値が設計値(周長の最小値～最大値)の範囲内であれば変状は生じていないと判断することができる。施設 A のアークセル「C3 セル」と独立した単独セル「C4 セル」について、詳細点検で得られた周長の最大値を比較した結果、限界周長以下となったため、鋼矢板の安全性は確保されていると考えられる(表 2)。

表2 3次元モデルを用いた計測結果

セル	詳細点検による最大周長	鋼矢板設計値(嵌合代の範囲)
C3セル上流面(アークセル)	24.988m	24.75m~25.0m
C4セル下流面(単独セル)	31.937m	31.68m~32.0m

2.3 今後の展開

高精度の分解能を有する3Dレーザースキャナを用いてセル形状を計測し、設計値の範囲内であることを確認することができた。したがって、対象とした砂防施設の現在の変形は、壁面材の変状(延伸や継手の破損等)によるものではなく、嵌合代によって、変形が生じたものと考えられる。一方で、本計測手法では、周長の計測が可能であるものの、部材1枚ずつの変状は測定することができない。このため、計測機器による調査のみではなく、巡視や定期点検による目視確認を実施することで、機能及び性能の低下現象を把握することが望ましい。また、下振り法による壁面材の最大変形量計測結果と、本計測による変形量を比較した結果、誤差±5cm程度であり、下振り法によっても変形量(下端からのたわみ幅)を把握可能であることが明らかとなった。このことから、より簡便な手法である下振り法を用いて経年的な変状を把握することも有益と考えられる。

3. UAVを用いた点検調査

3.1 調査概要

対象砂防施設Bの水通し天端は、中詰め材の保護を目的として天端コンクリートが施工されている。天端コンクリートの変状は、中詰め材の流亡につながる恐れがあることから、変状レベルを把握することが求められる。しかしながら、施設Bの水通し天端と袖部天端との比高差は6m程度あり、昇降用の設備が設けられていないことから、袖天端から水通し天端へのアクセスが容易にできない状況にある(図5)。要領¹⁾及びガイドライン²⁾によれば、「アクセスの困難や危険が伴う場所等における点検にあたっては、UAV等の活用により作業の効率化及び安全性の向上を図ること」が示されている。従って本調査では、UAVを活用した点検調査を行うことで、アクセス困難箇所における変状レベル評価を試みた。なお、UAVはDJI JAPAN(社)製の「Phantom4 pro」を用いた。



図5 対象砂防施設Bの平面及び正面写真

3.2 調査結果と今後の活用事例

対象砂防施設Bの水通し天端コンクリートについて、UAVを用いて空撮点検を実施した結果は表3に示すとおりである。天端コンクリートの点検項目は、

「ひび割れ・摩耗・目地の開き・沈下」の4項目とした。また、その他の点検項目として、水たまりが認められた箇所については凹地として評価した。結果として、拡大写真①に示すように目地の開き及び段差が認められた。しかしながら、開きの幅や段差の高さを空中写真から評価

することは困難であった。また、摩耗については、空中写真からその変状レベルを定量的に評価することは困難であった。一部では凹地によると考えられる水たまりが認められた。

表3 UAVを用いた点検結果

セルNo.	C3セルの空中写真					
	全 景					
UAV空撮点検結果	コンクリート				その他	
	ひび割れ	摩耗	目地の開き	沈下	凹部	
	無し	-	有り	無し	有り	
拡大写真						

4. おわりに

3Dレーザースキャナを用いた点検では、高精度の計測機器により壁面材形状の詳細な計測を実施した。本計測では、点群データの計測間隔を5mmとしたが、1面:280m²(高さ11m, 円弧長25.5m)を計測するのに約1日の時間を必要とした。今後、同手法を他施設や他の部位に適用するにあたっては計測時間が課題となる可能性がある。このため、点群データの計測間隔は、変状の評価が可能のように精度を確保しつつ、効率的に計測を実施しうる間隔とすべきである。また、樹木等を事前に伐開する必要があるため、調査箇所については、進入路や土地の利用状況を事前に確認することが望ましい。

アクセスが困難な水通し部の天端コンクリートに対してUAVによる空中写真を活用した点検を実施した結果、定性的な変状(沈下、ひび割れ、目地の開き)は確認可能であり、アクセス困難箇所における点検作業の効率化及び安全性の向上を図ることができた。一方で、定量的な評価については空中写真から3次元化を試みる等の試行錯誤を行ったが、有益な結果は得られなかったため、今後の検討課題としたい。

参考文献；

- 1)砂防関係施設点検要領(案) H31.3 国土交通省砂防部保全課
- 2)砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン(案) H31.3 水管理・国土保全局砂防部保全課