

UAV による砂防設備・急傾斜地崩壊防止施設の点検における適用性に関する考察

長崎県土木部砂防課 甲斐田知希・日當昌樹
応用地質株式会社 山本望・瀬戸秀治

1. はじめに

近年, UAV を活用した施設点検が行われており, また, その映像を用いた変状の自動抽出の試みが行われている。特に砂防堰堤の UAV 点検の事例については多くの報告がなされている¹⁾。しかしながら, 急傾斜地崩壊防止施設の UAV 点検事例や, あるいは, 砂防堰堤についても定量評価を行った事例については前例が少なく²⁾, 今後の点検計画立案に向け, 適用性・有効性を検証することは重要である。

本業務では, 長崎県が管理している砂防堰堤, 溪流保全工及び急傾斜地崩壊防止施設を対象に UAV を用いた試行点検の実施により, これらに対する適用性・有効性について考察を行った。

2. 検討手法

2.1. UAV 試行点検対象施設

UAV 試行点検対象は4箇所であり, その内訳は長崎県が管理する砂防堰堤1基, 溪流保全工1箇所, 及び急傾斜地崩壊防止施設2箇所とした(表1)。

表1 今回対象にした施設の種類の種類と検証した主な変状

区分	工種	部位	変状
砂防堰堤	本堤	本体	漏水
		袖	ひび割れ
		周辺	間詰の損傷・流出, 湧水の有無・量, 地山の変状
	その他	堆砂域	堆砂状況
溪流保全工	溪流保全工	護岸コンクリート	ひび割れ, 欠損・摩耗等
		護岸ブロック積	ひび割れ, 欠損・摩耗等
		護岸	洗掘
急傾斜地崩壊防止施設	水路工	水路	土砂等堆積・閉塞
			腐食・劣化・損傷・変形等
	プレキャスト枠工	躯体	破損・変形等
		中詰材	中詰材の流出・湧水
	現場打枠工	躯体	破損・変形等
		その他	
	アンカー工	頭部	頭部キャップ・支圧板の腐食・劣化・損傷・変形
	落石防護柵工	支柱	変形・破損
		ワイヤー・金網	破断
	安全設備	侵入防止策	破損



図1 使用した UAV 機器 (左:M300RTK, 右:Mavic3)

2.2. 使用した機器等

UAV 試行点検には大型機と小型機の2機種を用いた。大型機は Matrice 300RTK (以下 M300RTK) であり, 小型機は Mavic3 Enterprise (以下 Mavic3) である(図1)。M300RTK には 45MP・フルサイズセンサーのカメラ (ZENMUSE-P1) が搭載されている。また, Mavic3 には有効画素数 20MP・4/3 型センサー・焦点距離 24mm (35mm 換算) が搭載されている。

2.3. UAV 試行点検方法

4箇所すべての施設において, 鳥瞰写真, 鉛直下向き写真, 正対写真を撮影した。なお, 鉛直写真および正対写真は連続写真として撮影した。鉛直下向き写真は M300RTK により施設上空から撮影した。鳥瞰写真および正対写真は Mavic3 または M300RTK により撮影した。4箇所すべてにおいて鉛直下向きの連続写真を用いて平面オルソ画像を作成した。また, 砂防堰堤および急傾斜地崩壊防止施設の正対画像から立面オルソを作成した。

2.4. 評価方法

評価方法は定性評価と定量評価を実施した。点検項目は長崎県砂防関係施設点検マニュアルに則り, 以下の6項目について検証した。

- ① 危険箇所の点検 (安全性の向上)
- ② 変状の近接撮影 (安全性の向上)
- ③ 施設全体の把握 (点検の効率化)
- ④ 俯瞰的な撮影 (点検の効率化)
- ⑤ 変状規模の把握 (点検の効率化)
- ⑥ オルソ画像の作成 (点検の高度化)

2.4.1. 定性評価

定性評価は, 調査員による直接目視点検と同等の調査が UAV で取得した画像で可能か否か, 撮影画像の比較により目視にて比較検討した。

2.4.2. 定量評価

定量評価は, UAV で撮影した連続写真から作成したオルソ画像 (平面オルソ・立面オルソ) に対し, ひび割れ抽出・解析ソフト (Kuraves-Actis) を用いてオルソ画像から亀裂の自動抽出を行うとともに, 亀裂の諸元 (延長・幅) を自動で取得し, 既往点検で記録された諸元と比較することで定量的に評価した。

3. 結果と考察

いずれの箇所（施設）においても草木の繁茂が少ない場合は全体の概況を捉えることが可能であった（2.4の③，④）。施設が草木で覆われ隠れている範囲は、撮影しても施設自体が写らなかったり、近接撮影ができなかったりした部分があった。今回の対象箇所では以下の範囲について草木の繁茂の影響が特に大きかった。A) 砂防堰堤の左右袖部、B) 溪流保全工（全長約2km）のうちの上流側約2/3の区間、C) 急傾斜地崩壊防止施設の法枠工等である。

3.1. 定性評価結果

砂防堰堤、溪流保全工、急傾斜地崩壊防止施設のいずれにおいても、支障物（草木、人家等）の陰や撮影アングルの制約により、撮影不可範囲が生じ、その部分の変状の把握はできない結果となった。撮影可能範囲については、砂防堰堤や法枠工等の開口幅数mm以上の亀裂や落石防護柵の腐食・損傷等の変状を捉えることが可能であった（図2）。目視点検時には確認できなかった砂防堰堤本堤の下流側の面や急傾斜地崩壊防止施設の中央高さ付近において、変状を把握することができた（図3）（2.4の①，②）。

3.2. 定量評価

定量評価は、砂防堰堤および急傾斜地崩壊防止施設において実施した。砂防堰堤では、平面オルソ及び前面と背面の立面オルソを作成した。ただし、草木に覆われた袖部の一部についてはオルソ作成ができなかった。急傾斜地崩壊防止施設では、平面オルソ及び立面オルソを作成した。ただし、立面オルソにおいて人家等の支障物の影となる施設の下部は撮影不可範囲となるためオルソ作成ができなかった。

砂防堰堤においては、前回点検時に確認された5箇所の亀裂のうち3箇所は草木の繁茂によりオルソ作成できずに抽出できず、1箇所はオルソ作成できた範囲内であったが抽出できなかった。すなわち、5箇所のうち1箇所を抽出でき（2.4の⑤，⑥），前回記録された亀裂幅（最大6mm）に対し、同程度（1～10mm）の亀裂幅を計測できた。また、前回点検で確認されていなかった施設前面の亀裂についても3箇所抽出でき、その諸元を取得可能であった。



図2 点検結果比較（左：目視点検，右：UAV点検）



図3 UAV撮影画像から確認できる砂防堰堤前面亀裂

急傾斜地崩壊防止施設においては、前回点検時に確認された4箇所の亀裂は、いずれもオルソ作成できた範囲内であり、そのうち1箇所を抽出できた。前回記録された亀裂の幅（2～3mm）に対し、およそ同程度（2～6mm）の亀裂幅を計測することができた（2.4の⑤，⑥）。また、前回点検で確認されていなかった亀裂を抽出し諸元も取得可能であった。

UAV点検の長所は以下の通り整理できる。A) 施設の下端部から上端部に比高差のある施設であっても容易に点検を実施可能である。B) 点検対象施設が連続して位置する場合や施設延長が長い・施設分布範囲が広い場合、それらの概況を把握することに使用可能である。C) オルソ作成ができる範囲であれば、亀裂等の自動抽出と定量評価が可能な場合がある。

UAV点検の短所は以下の通り整理できる。A) 施設周辺に支障物があると、UAVの近接撮影・アングルに制約が生じ、写真に写らない部分の施設状況を把握できない。B) UAVの飛行撮影において、条件（天候・撮影距離・照度等）が揃わないと、目視点検と同等に変状規模を定量把握することは困難である。

4. まとめ

UAVの長所より、UAV点検の適用性・有効性は次のように整理できる。A) 短時間で施設全体の概況を把握する必要がある状況ではUAV点検の適用性が高い。B) 変状の規模を詳細に把握する必要がない場合には適用性が高い。C) 施設周辺の支障物が少ない施設についてはUAV点検の適用性が高い。D) 高さのある施設における高所等の危険性がある施設については適用性が高い。

参考文献

- 1) 八木ら：UAV画像解析による砂防施設の緊急点検時の変状自動判定手法の検討，R6年度砂防学会研究発表会概要集，pp. 321-322，2024
- 2) 国土交通省砂防部：砂防関係施設点検要領（案），2022