

小型 UAV を用いた集水井点検高度化の試み

キーワード：小型 UAV, 集水井, 展開画像, 地すべり, 集水井 3D モデル

国土交通省関東地方整備局 利根川水系砂防事務所 大坂 剛, 宮崎 英樹, 磯部 颯士
日本工営㈱ ○田淵 陽介, 太田 敬一, 松岡 暁, 上原 航

1. はじめに

集水井は、地すべり対策施設の一つであり、地すべりの誘因となる地下水を速やかに地すべり地外に排出することを目的に設置されており、その機能を維持するために定期的に点検が実施され管理されている。集水井は、恒常的に地下水を集水、排水するため、経年変化による集水管や排水管の目詰まりによる機能低下や井筒の腐食や破損が生じやすい。また、地表からすべり面付近に至る数十メートルの深度を有し、点検に際しては集水井内に設置された点検用のタラップを利用しながら下る高所作業となる。タラップ自体の腐食・劣化の懸念や地下埋設物であるがゆえに、施工される場所によっては有毒ガスの発生や酸欠となる場合もあり、危険を伴う作業である。R4.3 砂防関係施設点検要領（案）では、砂防堰堤等の地上施設に限り UAV 等を用いた点検手法が具体的に示されているものの、集水井に対しては、狭隘で暗く、かつ目視外飛行となるため、UAV 点検は困難であり、吊り込み式などの遠隔操作カメラ等の活用を検討するように示されている¹⁾。土木研究所では、安全かつ効率的に集水井点検を行うための点検機器の活用・高度化に向け、集水井点検における機器適用の考え方を示している²⁾。一方で、現場への適用に対する課題として、吊り下げたカメラとの通信途絶やカメラの揺れ防止の工夫を要することが示されている。砂防関係施設点検要領（案）や土木研究所の共同研究報告書で示された吊り下げたカメラによる調査方法は、汎用的な方法として全国的に展開されていない状況であり、課題解決が必要となる³⁾。本稿では、集水井内部の施設変状を安全かつ正確に把握するため、狭隘な空間においても安定飛行できる小型 UAV を用いて試行点検を行った事例を報告する。

2. 点検手法

2.1. 調査箇所

群馬県藤岡市譲原地先に位置する譲原地すべり（下久保地区）の集水井（平成 16 年度完成、深さ 30.0m）を対象に小型 UAV を活用した点検を実施した。当該集水井は、吊り下げカメラ（360° カメラ）を用いた点検で変状なしと評価されている。

2.2. 点検手法

小型 UAV（IBIS: liberaware 社）は、縦横幅約 20cm、重量は約 200g であり、機体前方にはカメラと LED ライトを備え、4 枚のプロペラはフレームで囲っている（図 2 左）。機体上部には、補助ライトを設置し、集水井内部の明るさを確保できるようにした。集水井点検時には小型 UAV をウィンチ付きのワイヤーを介して、カーボン製のロッドの先端に取り付けて、集水井の中心部に向けて吊り下げ、集水井内部の状況を撮影した（図 2 中・右）。機体の移動は、ロッドに設置したウィンチにより集水井の上下移動を行い、小型 UAV の推進力により前後左右に移動する（図 1）。共同研究報告書で示された課題に対しては、①カメラとの通信途絶：5.7GHz の周波数帯を用いることで安定したリアルタイム映像伝送を確保し、②吊り下げカメラの揺れ：点検時はホバリングに近い飛行で機体の揺れがほぼない状態とした。万が一揺れ等が発生した場合は、UAV 操作により機体をコントロールし安定性を確保した。

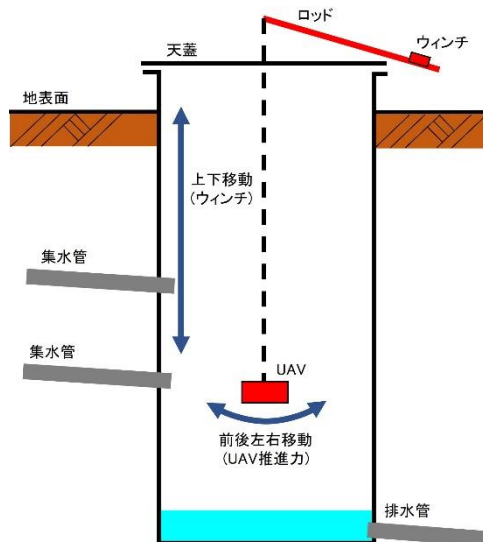


図 1 点検イメージ図



図 2 使用機体、調査状況

3. 点検結果

3.1. 撮影結果

従来手法の吊り下げカメラと小型 UAV カメラによる集水孔の撮影結果を示す(図 3)。360° カメラ画像では集水孔からの流水は確認できるものの、孔内の様子までは確認できない。一方、小型 UAV は機体推進力により点検対象物に接近することで、孔内の状況を確認できる画像が得られた。撮影画像からは、変状評価基準となる閉塞物の付着や地下水の排水状況の確認等が容易となった。

3.2. 展開図・3D モデル

撮影画像からフォトメトグラフィーの技術を用いて映像の特徴点を抽出し重ね合わせることで、集水井の展開図と 3D モデルを作成した(図 4・5)。従来画像に比べてより高精細の展開図を作成でき、集水井孔内の概況や点検部位把握が容易になった(図 4)。3D モデルからは任意断面の取得や定量的な計測が可能となった。当該集水井では、任意断面取得により谷側への傾倒の可能性が示された(図 6)。ただし、3D モデルは座標値等による補測を行っていないことから、詳細調査の実施が必要となる。

4. まとめと課題

小型 UAV を用いた集水井点検では、従来行われてきた吊り下げカメラによる点検に比べて、高精細の映像取得が可能となり、集水井の変状把握が容易となることが確認できた。また、フォトメトグラフィーの技術を活用した 3D モデル形成により、変状箇所の定量化へつながることが確認できた。

一方で、小型 UAV は防水仕様ではないため、集水孔からの排水や水蒸気等の影響により点検箇所が限定されること、カメラは下方へ向かない仕様のため、集水井底部の排水状況把握には改良の必要があること等、今後の課題を確認した。小型 UAV による集水井点検による点検事例は増加しているものの、上記課題や変状を有する施設下での状況把握等、今後さらに点検データの蓄積を行い、小型 UAV による集水井点検に適用可能な変状や点検方法の確立(撮影方法や 3D 取得方法等)が必要である。

参考文献：1)．国土交通省砂防部保全課：砂防関係施設点検要領(案)R4. 3

2)．国立研究開発法人土木研究所，地表からの効率的な集水井内点検手法共同研究報告書，令和元年 6 月

3)．太田敬一，草谷恭行，田中靖政，野平幸佑：UAV を用いた地すべり集水井の点検の試み，令和 4 年度砂防学会研究発表会概要集 p. 211-212

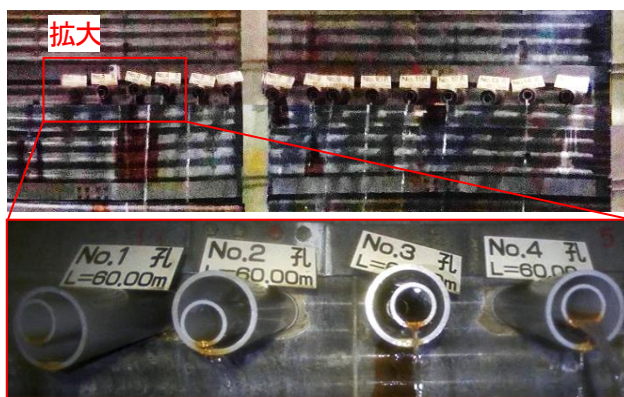


図 3 集水孔の確認状況(上:360° カメラ,下:小型 UAV)

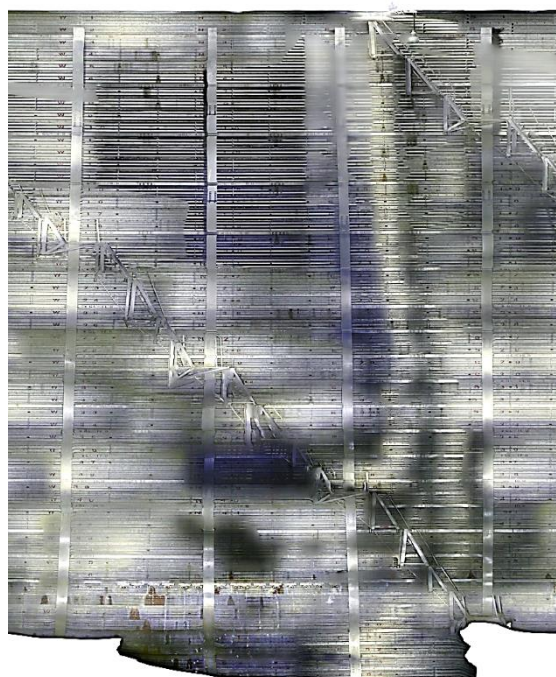


図 4 集水井展開図

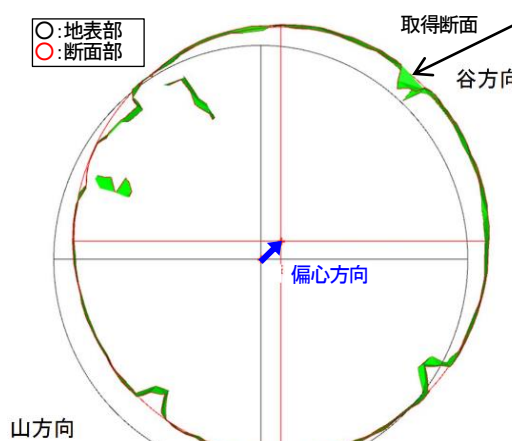


図 6 断面図(深度 20m)

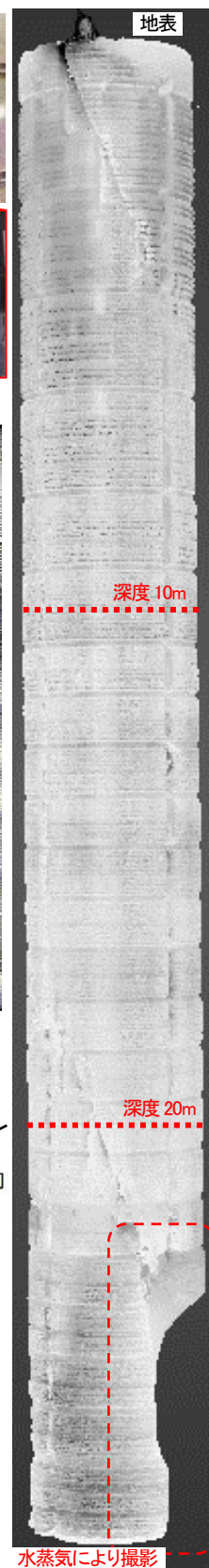


図 5 3D モデル