

UAV を用いた地すべり集水井の点検の試み

日本工営株式会社 ○太田敬一 草谷恭行 田中靖政
株式会社 Liberaware 野平幸佑

1. はじめに

地すべりの抑制工の1つである集水井は、降雨等による地すべり地内への雨水の浸透や、地すべり地外からの流入等で生じる地すべり地内の地下水を集水し、地すべり地外へ排水することにより、地すべり活動を抑制するため施工される対策工である。地下水は降雨や、積雪地帯では融雪によりもたらされるため、集水井の集水、排水の機能を恒常的に維持させ、地すべりの安定性を確保することが重要である。

地下水排除施設である集水井は、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。上記に示したように、恒常的に地下水を集水、排水する施設のため、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く、それらが点検項目の1つとなっている。また集水井は、地表からすべり面深度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て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。

土木研究所は、このような危険を伴う作業に対し、安全かつ効率的に集水井の点検を行うための点検機器の活用・高度化に向け、民間企業の開発した機器の特徴をまとめるとともに、今後の集水井点検における機器適用の考え方を示している¹⁾。研究報告書では数種類の調査方法やその特徴が示されており、点検者が集水井内に立ち入ることなく、井筒の上部からカメラ等を吊り下げ遠隔で集水井内部の様子を撮影する調査方法が示されている。一方で実際の現場へ適用する際の課題も示されており、例えば集水井の深さによっては、吊り下げたカメラとの通信が途切れるケースがあること、吊り下げた場合のカメラの揺れの防止に工夫を要すること等が示されている。現時点でこの研究報告書で示された調査方法が汎用的な方法として全国的に展開されていない状況を鑑みると、これらの課題を解決することで利用が進むものと考えられる。

無人航空機である UAV、通称ドローンは、屋外の空撮や測量業務での利用の他、狭小で閉鎖された空間である下水管内の撮影に利用されつつある²⁾。下水管内の調査は、集水井の点検と同様、有毒ガスや酸欠の危険を伴う作業であり、UAV の利用は安全性を確保するために有効な調査手法である。そこで今回、下水管内同様、閉鎖空間である集水井の点検に UAV を用いた試行的な調査を実施したので、その結果について示す。

2. 試行に用いた UAV について

今回の試行調査では、縦横幅ともに約 20cm、重量は約 200g の図 1 に示す UAV を用いた³⁾。UAV の前方にはカメラと 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。この 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、集水井の中心部に向けて吊り下げた。UAV の集水井内部への挿入に際しては、点検用のハッチを利用した。図 2 は投入時の様子を示したものである。

この UAV は狭小な空間でも安定して飛行できる機能を有している。一般に狭小な空間において市販されている小型機を用いた場合、UAV 自身の発生する下方への気流が壁面に反射し、それを受けることで不安定な挙動を示したり、壁面に吸い付くなどの挙動を示す。一方、図 1 の機体は壁面に吸い寄せされにくく、また万が一、壁面に衝突しても飛行姿勢を崩さないようコントロールする機能を備えている。その他、機体に具備されているカメラ、LED ライトは、照明の無い暗所であっても鮮明な映像が撮影できるようカスタマイズされている。

先に示した土木研究所の研究報告書において、カメラとの通信が途切れること、カメラの揺れの防止対策



図 1 調査に利用した UAV の外観³⁾

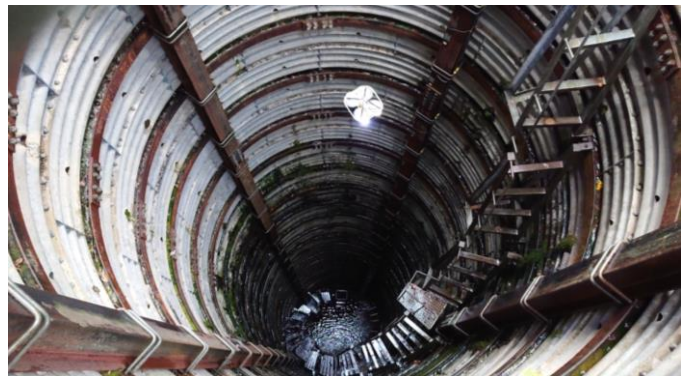
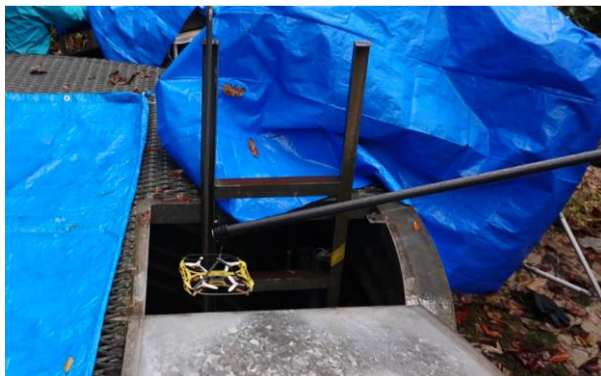


図 2 UAV の集水井への投入状況

に関する課題が示されていた。これらの点に対し図1のUAVを利用することで、解決することができる。先ずUAVと地上の映像受信機の間は5.7GHzの周波数で伝送されており、この周波数はその特性上、UAVと地上の映像受信機の間での視認性が確保できいれば、50m程度の距離の伝送は可能である。今回、集水井内側には遮蔽物が無いため、UAVで撮影した映像は問題無く地上にてリアルタイムで確認できる。次にカメラの揺れについては、吊り下げ中はホバリングに近い状態で飛行しているため、揺れることはほぼ無い。万が一、揺れた場合は地上からUAVを操作することにより、所定の向きにUAVをコントロールできる。

3.撮影結果について

撮影に際しては、点検用のハッチからUAVを挿入、一定速度でウインチを操作し、集水井の底面付近までUAVを吊り下した。今回は集水井の壁面全周を撮影するため、全周を4分割して撮影した。そのため2往復の撮影となり、撮影開始から終了まで約20分であった。なおこの分割数を大きくすること、吊り下げ時の速度を小さくすることにより、撮影時間は今回よりも要するものの、高精細な映像を撮影することができる。これらの設定は後の解析等で求められる精度等により調整する必要がある。



図3 UAVによる撮影結果

図3は撮影中の映像である。図3左図は集水井の上蓋付近、右図は底面付近の様子である。深度により明るさの違いはあるが、壁面のライナープレート、タラップ、パーティカルスティフナー等の施設の様子を確認できる。また集水管の集水状況や閉塞の有無についても確認できる。

このような撮影は既に既往の検討でも実施されているが、今回、UAVを利用することのメリットの1つとして、撮影中にUAVを壁面に移動させ近接して撮影できる点にある。例えば図3に示した集水管の閉塞の様子を近接して確認したい場合は、地上の操縦者が撮影された映像を見ながらコントローラーを用いて操作し、UAVを前進させることで集水管や壁面に近接して撮影できる。またUAVにはジャイロセンサー、気圧センサーが具備されており、その値から飛行中の方向、深度を得ることができる。そのため例えば前回の点検結果で損傷等が見られた深度の壁面の様子を確認したい場合は、所定の方向と深度にUAVを移動させ撮影できる。これらの点は既往の方法に対しUAVを利用する際のメリットと考えられる。

図4は撮影した映像から作成した集水井内部の展開図である。展開図は既存の方法でも利用されている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、それを重ね合わせることで作成している。また今回、この図に基づき集水井の3次元モデルの作成を試みている。集水井の井筒の変形や破損の把握に利用できる。

4.まとめと今後の課題

UAVを用いた集水井の点検を試行した結果を示した。既存の方法に対するUAVの利用のメリット等が得られたため、今後の調査にて利用を進める一方、飛行時の速度の設定などの撮影方法と撮影結果の関係等について、今後検討する予定である。

謝辞

今回のUAVを用いた集水井の撮影に際しては、北陸地方整備局阿賀野川河川事務所のご協力を頂いた。

参考文献

- 1) 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
- 2) 国土交通省ホームページ、https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/03activity/pdf/02_05MLIT_04.pdf(参照日令和4年4月5日)
- 3) 株式会社Liberaware ホームページ、<https://liberaware.co.jp/inspection>(参照日令和4年4月5日)

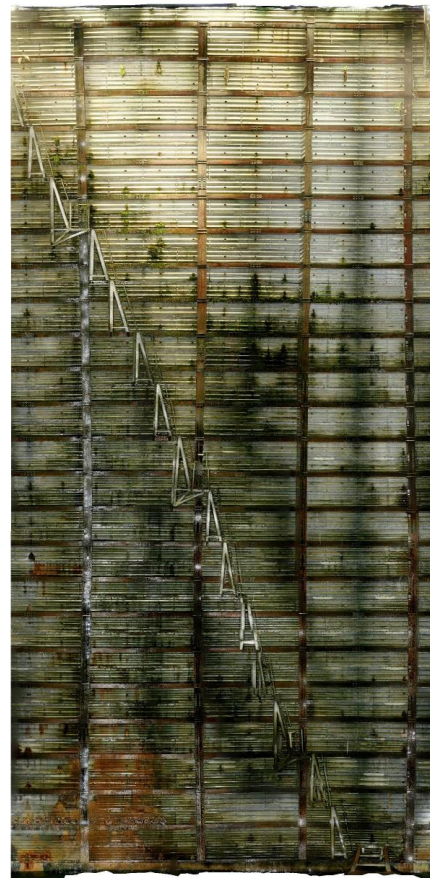


図4 集水井内部の展開図