

小型ドローンを活用した狭隘部検査について

JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 ○清水 保
JR 東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 両角 智貴
東日本旅客鉄道株式会社 中川 伸行
CalTa 株式会社 松本 裕樹

1. はじめに

鉄道土木構造物の検査は、現状を把握し、耐久性への影響や第三者への被害を及ぼす可能性のある変状を早期に発見し、常に良好な状態に保全して安全・安定輸送を確保するために行っている。しかし、対象箇所へのアクセスが困難で人が近づいて直接確認することが難しい構造物も存在している。今回は、地下トンネル立坑部の換気ダクトにおいて、小型ドローンを活用した構造物検査に向けた試行を行ったものである。

2. 小型ドローンについて

今回使用した小型ドローンを表-1に示す。機体のサイズが約200mmと非常に小さく、狭隘空間でも安定飛行させることができる。また、カメラ照明が設置されているため、暗所でも動画撮影が可能である。撮影した動画は、3D点群化やオルソ画像化といった映像処理に活用ができる。

表-1：小型ドローン性能表

機体写真 	サイズ	191×179×54mm (プロペラガード込み)	照明器具	LED照明付き
	重量	185g (バッテリー込み)	飛行時間	最大8分
	カメラ性能	Full HD (1920×1080pix) 60fps の動画を撮影可能 レンズの画角 (水平 131° ,垂直 80° ,対角 144°)	無線仕様	機体操縦：2.4GHz帯 映像伝送：5.7GHz帯

3. 検査条件

地下トンネルは単線並列で、換気ダクト (RC造) は上下線トンネルに各々配置されている (図-1)。換気ダクトの高さは、上り線約15m、下り線で約19mあり、内部に足場等の設備が設置されていないため、人がダクト内に入って検査を行うことが困難な状態である。また、ダクト下端部には、ダクト側壁等からコンクリート等が剥離して線路上に落下した場合、輸送障害の危険性が高いことから、落下防止網が設置されている。

4. 検査概要

日中は過密ダイヤで作業が行えないため、夜間き電停止間合いの短い間でドローンによる撮影を行った。下り線は、地上階からドローンを飛行させ撮影を実施したが、上り線は地上階に換気設備がありドローンの飛行が出来ないため、線路階から2段に設置された落下防止網の隙間 (160mm) をすり抜けるようにして飛行させた。

1回目の撮影は7月に実施し、その後二時期比較の試行を行うために、12月に2回目の撮影を行った。撮影した動画の解析を行い、生成した3D点群とオルソ画像の構造物への適用を検証した。

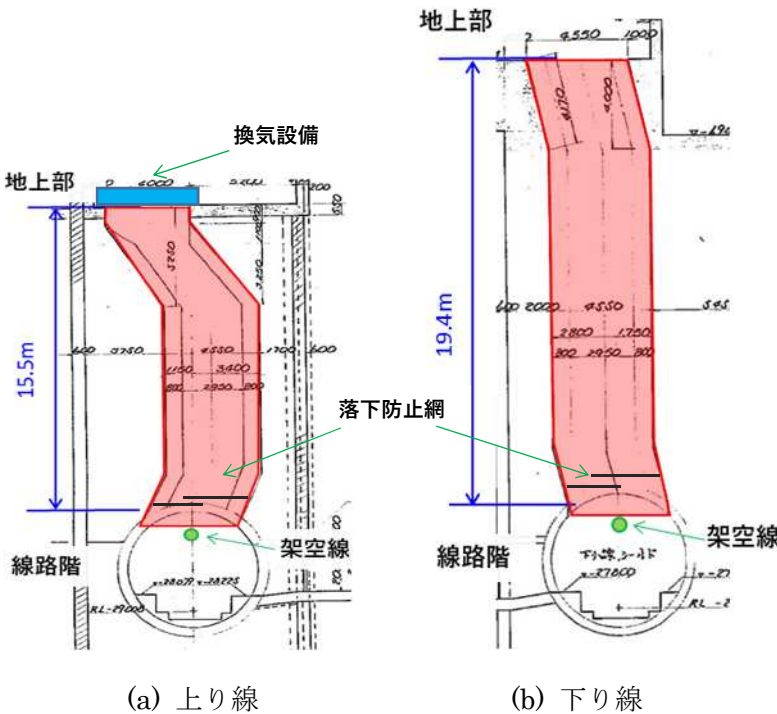


図-1：換気ダクト断面図

5. 検査結果

(1) 撮影動画

撮影動画から切り出した画像を写真・1～写真・4に示す。写真・1の施工目地の目地切れによる漏水や、写真・2の鉄筋露出を画像から確認することができた。写真・3は上り線の2回目画像である。同一箇所の1回目画像（写真・4）と比較し、画像から変状が進展し剥落していることが確認することができた。また、1回目は小型ドローンのLED照明のみで撮影を行ったが、2回目は別途用いた作業用照明により、鮮明な画像となった。これら画像より、これまで近接で見ることが困難であった換気ダクトの変状等の状況を確認することができた。しかし、動画からでは変状位置・場所の特定、寸法計測が困難であった。



写真・1：漏水状況



写真・2：鉄筋露出状況



写真・3：剥落後箇所（2回目）



写真・4：剥落前箇所（1回目）

(2) 3D点群化

撮影で得られた動画データをもとに SfM（Structure from Motion）により 3D 点群を作成した。図・2 は、上り線 2 回目の 3D 点群を示す。動画からでは変状位置を把握することが困難であったが、3D 点群にすることで、構造物を立体的に把握でき、変状位置を確認することができた。また、変状箇所の寸法取りが可能となり、変状規模を把握することができた（図・4）。3D 点群では、外形をイメージしたり、計測することについては有効であったが、変状解析を行うのは困難であった。



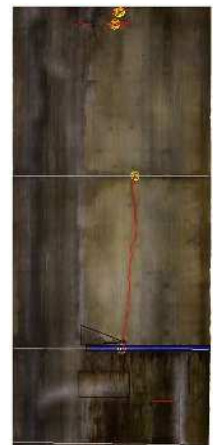
図・2：3D点群化

(3) オルソ画像による変状解析

3D 点群データと切り出した画像を活用してオルソ画像を生成した。オルソ画像により、平面的に変状を捉えることで、技術者により机上で変状展開図を作成することができた（図・3）。次に、1回目、2回目の変状展開図を用いて二時期比較を試行した。その結果、特定した変状の進展を定量的に捉えることができた。一方、オルソ画像は、複数の画像を合成することで1枚の画像となるため、撮影条件により、鮮明度、影、ピント等の影響を受けることが分かった。また、変状の AI 自動検出も試みたが、画質のムラ等により検出率が悪く、技術者による補正が必要となった。



図・4：鉄筋露出箇所



図・3：オルソ画像による変状展開図

6. まとめと今後の課題

これまで近づくことが困難であった換気ダクトに対して、小型ドローンを用いて壁面を撮影することで、構造物の状況を把握することができた。また、撮影動画から 3D 点群化、オルソ画像化することで、変状位置、寸法測定、二時期比較をすることができた。しかし、撮影条件により、画像は鮮明度、影、ピントなどの影響を受け、検査精度に影響が出ることがわかった。また、AI 自動検出は、画質のムラなどにより困難であった。今後は、より良い撮影条件の検証や AI 自動検出率の向上などを検討することで、検査の高質化、効率化を図っていきたいと考える。

キーワード 小型ドローン、コンクリート、換気ダクト、3D 点群、オルソ画像

〒141-0033 東京都品川区西品川1丁目1-1 大崎ガーデンタワー14階 TEL：03-5435-7635