

東京メトロにおけるトンネル全般検査でのドローン運用

| | | |
|-----------|-----|--------|
| 東京地下鉄株式会社 | 正会員 | 石川 幸宏 |
| 東京地下鉄株式会社 | 正会員 | ○田中 大介 |
| 東京地下鉄株式会社 | 非会員 | 菅原 健 |
| 東京地下鉄株式会社 | 非会員 | 富樫 真美 |

1. はじめに

東京地下鉄株式会社（以下、東京メトロという）は、東京圏を事業基盤として、9路線、営業キロ195kmで運営している。保有する土木構造物は、トンネル、高架橋、橋りょう、土工等からなり、このうち約85%がトンネルを占める。

トンネルの維持管理にあたっては、国土交通省「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」に基づき2年ごとに軌道上からの目視および必要箇所の打音を行う通常全般検査（以下、トンネル検査という）や、20年を超えない周期で高所作業車上からの近接目視および必要箇所の打音を行う特別全般検査等によりトンネルの状態を確認している。また、検査結果等により必要な箇所に対する監視や補修等の計画を立案するとともに、計画に基づく補修工事等の措置を行う。これらの検査・計画・措置のサイクルを着実に実施することで、トンネルの安全を確保している。なお、保守業務効率化と安全性向上を実現するにあたり、検査時におけるiPadの活用等、統合的な維持管理体制（MAST）を構築、運用している。

東京メトロでは、トンネル検査において高所確認作業の効率化を目的としてドローンの運用を開始したことから、実際の運用方法について記載する。



写真1 従来のトンネル検査

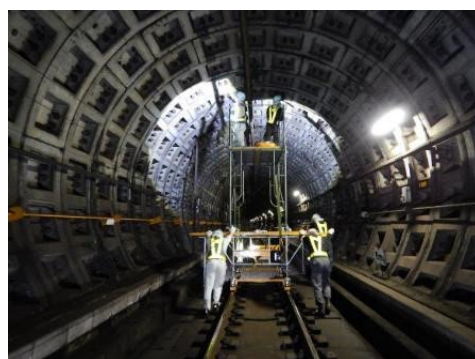


写真2 足場による確認

表1 トンネル検査の流れ

| 時点 | 項目 |
|------|------------------|
| 事前 | ① 飛行許可申請（DIPS登録） |
| 検査当日 | ② 飛行計画登録（FISS登録） |
| | ③ 検査前ドローン点検 |
| | ④ バッテリー充電 |
| | ⑤ トンネル検査開始 |
| 夜間 | ⑥ ドローンによる高所確認 |
| | ⑦ トンネル検査終了 |
| 検査後 | ⑧ 検査後ドローン点検 |
| | ⑨ 飛行実績作成 |
| | * ドローン定期メンテナンス |

2. 背景と目的

東京メトロのトンネル検査（写真1）では、軌道上からの目視で構造物の状態確認を行い、必要に応じて打音を行っている。打音が必要になった際、手の届く範囲はその場で確認をしている。一方で、トンネル内の立坑や上床開口部等の高所で手の届かない範囲は、目視とは別日に足場（写真2）や高所作業車を使用して確認をしており、作業の効率性に課題があった。このようなことから、トンネル内の高い場所を効率的に確認するための方法の一つとしてドローンの利用について2018年から検討を進め、2020年2月から運用を開始した。2021年度末までに、半蔵門線、丸ノ内線および千代田線の3路線で実績があり、2022年度より全路線での運用を行う。

3. 運用方法

トンネル検査でドローンを使用する場合の流れは表1のとおりである。

ドローンの飛行にあたっては、様々な法令を遵守する必要がある。代表的なものとして航空法と小型無人機等飛行禁止法があり、利用目的に合わせて許可申請等の対応を適切に行わなければならない。これらの法令は、屋内等の囲まれた空間でドローンを飛行する場合は適用されないが、地下鉄トンネルは坑口が地上と繋がっており完全に囲ま

れた空間ではないことから、屋外と同様に法令に沿った手続きが必要となる。

まず検査期間以前に、国土交通省に対してドローン情報基盤システム（以下、DIPS という）による飛行許可申請を行う。飛行許可申請とは飛行許可を得るため飛行期間、飛行経路、飛行機体、操縦者等の申請を行うものであり、飛行開始予定日の 10 開庁日前までに行う必要がある。東京メトロではトンネル検査の 1 か月前を目途に申請を行っている。

検査当日の昼間に飛行計画登録、検査ドローン前点検およびバッテリー充電を行う。飛行計画登録は、DIPS による飛行許可を得た上で飛行日、飛行時間、飛行範囲等の詳細な飛行計画を登録するものである。国土交通省のホームページで緊急用務空域や期限付き限定区域が飛行範囲に該当しないことを確認し、DIPS の飛行情報共有機能（FISS）で飛行計画の登録を行っている。検査前ドローン点検は独自の点検表を整備し、国土交通省航空局標準飛行マニュアルで定められた機体やプロペラのゆがみ等の点検項目のほか、検査に必要なバッテリー数量、照明用 LED の点灯、積載カメラの動作等、トンネル検査に必要な機材等に関する項目を追加して確認している。また、ドローンのバッテリーについては、検査日ごとに必要な本数のみ充電を行っている。ドローンに使用しているリチウムポリマーバッテリーは、エネルギー密度が高く大容量で高出力な反面、取扱いには注意が必要である。

夜間はトンネル検査を行う一連の流れの中でドローンを使用している。トンネル検査には、タブレット端末を使用しており、検査用モバイルアプリケーション（以下、検査アプリという）で過去の検査情報を閲覧しながら、現在の状態の確認を行い、変化のあったところを記録している。その中で、目視での確認が困難な箇所があった場合にドローンを飛行させ、搭載したカメラの映像をタブレット端末上でリアルタイムで状態を確認している。確認した変状の写真を検査アプリに取り込み、検査の結果として記録を残している。

検査後は、事務所において検査後ドローン点検および飛行実績作成を行う。検査後ドローン点検は前点検と同様に独自の点検表を基に、バッテリーの膨張やネジのゆるみ等の確認を行っている。飛行実績は、検査で飛行させた場合にその都度作成し、国土交通省からの依頼があった場合でも速やかに報告できるようにしている。その他、20 時間の飛行または前回飛行から 1 か月経過のどちらかの早いタイミングで、ドローン定期メンテナンスを行いドローン点検より詳細な項目について確認を行っている。鉄道トンネル内は、車輪やレールの摩耗による鉄粉が道床面に付着しており、ドローン飛行時にドローン本体が発生させる風で鉄粉が舞い上がり、モーターや機体の内部に付着してしまうことがあるため、ドローン定期メンテナンスでは機体やモーターのオーバーホール点検も行っている。

4. まとめ

東京メトロでは、トンネル検査の作業の安全性と効率性の向上の観点からドローンの運用を検討し、2020 年 2 月から運用を開始した。その結果、トンネル検査の中で高所作業をすることなく、高所の変状を詳細に確認することができるようになり、構造物確認作業の効率化に伴う作業者の負担軽減と安全性の向上につながった。

ドローンの飛行にあたっては、様々な法令の遵守や、それに伴う手続きや点検が必要となる。ドローン技術は、いまだに発展途上であり、発展とともに法整備が行われている状況である。東京メトロでは、今後も各種法令の動向に着目しながら、トンネル検査へのドローン運用を安全かつ効率的に行っていく。

キーワード ドローン 地下鉄トンネル 通常全般検査 トンネル検査

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄株式会社鉄道本部工務部土木課 TEL03-3837-7171

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通省航空局標準飛行マニュアル，2021 年