安房トンネル換気立坑点検の取り組みについて報告

中日本ハイウェイ･エンジニアリング東京(株)　正会員○中村　尚武　正会員　伊東　剛
中日本ハイウェイ･エンジニアリング東京(株)　堀　隆一

1．はじめに

現在、構造物の老朽化対策を効率的に実施するために高速道路の構造物に対象に、「保全点検要領(構造物編)」に基づき、近接目視点検が実施されている。しかしながら現場の環境も様々であり、近接困難箇所や検査路の設置されていない構造物も多く、点検手段の選択には苦慮しているところである。

本発表では、換気立坑高さ 450mの点検困難箇所にあたる、安房トンネル（あぼうトンネル）換気立坑の点検・調査を行った取り組みについて、その内容を報告する。

2．安房トンネルの構造概要

安房トンネルは、安房峠道路（高規格幹線道路中部縦貫自動車道（国道 158 号)）の中ノ湯 IC と平湯 IC の間にある、長野県松本市（旧南安曇郡安曇村）と岐阜県高山市（旧吉城郡上宝村）を結ぶ全長 4,370m の自動車専用トンネルである。トンネルは、長野・岐阜県境の安房峠直下で短絡しており、トンネルからの換気立坑は安房峠山頂に突き出ており高さは 456mを有する。

写真-1　安房 TN 換気塔

3．点検・調査の課題と問題点

換気立坑は、垂直高さ 456m、内径 7.65m のコンクリート構造物である。上部は□30cm×30cmのグレーチング蓋で閉塞されており、グレーチング蓋を撤去するには標高 1730m の峠の山頂に大型クレーンの設置が必要になる。また、下部は換気用の送風ファンやルーバーがあり大型機材が換気立坑内に設置できない。近年新設されている換気立坑には点検や検査のために梯子や検査路（タラップ）が設置されているが、本換気立坑には点検設備は設置されていなかった。

要領の改訂に伴い、本構造物についても点検の実施が必要であるとの判断からその方法について検討を実施した。しかしながら、安房トンネルは供用中のトンネルであり、換気立坑は危機管理上重要構造物であることから、仮設構造物等送風を阻害する仮設物の設置はできない。既存技術での手法としては以下の方法が考えられた。

表-1 換気立坑の点検方法

	対策手法	課題	判定
①	人によるロープアクセス※	450m のロープアクセスは、点検者の安全確保等リスクが大きい	×
②	点検足場の設置	トンネルが供用中のため仮設足場等による断面の閉塞は危機管理上できない	×
③	点検ゴンドラの設置	高さ 450m のゴンドラはロープの重量と強度により難しい。	×
④	ドローンによる画像撮影	450m のフライトは現在のドローンでは飛行時間、制御安定性に問題がある。	×
⑤	上部からの点検機材を吊り降ろし画像撮影	□30cm のグレーチングを通過可能な機材。機材の φ7.65m 内での揺れや回転、撮影位置の特定への対応を検討	○

※ロープアクセス：ロープ及び装備・機材を用いて任意の場所に移動する技術のことを総称して呼ばれる。

キーワード：換気立坑点検，点検・調査,維持管理
連　絡　先：〒160-0023　東京都新宿区西新宿 1-23-7　中日本ﾊｲｳｪｲｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ東京㈱ TEL:03-5339-1717

4. 換気塔立坑点検システム

表-1 より、⑤の方法について、課題を解決しつつ換気立坑の画像撮影するシステムを開発することとした。

(1) 換気塔立坑内撮影ユニット(図-1、写真-2)

換気塔上部入口には 30cm 格子が設置されており、撮影装置本体の縦横寸法はこれ以下にする必要がある。そのため設計寸法については 10mm ずつ余裕を有する 280mm とした。上部より吊した機体は下からの気流等により一定下方向に向きを保つことが難しい為、機体下部に姿勢制御用のドローンを設置した。ドローンは4つのプロペラの回転バランスにより、ヨー方向を制御する。飛ぶ必要はない為、撮影装置に対し小型の物でも十分な性能を持つ。

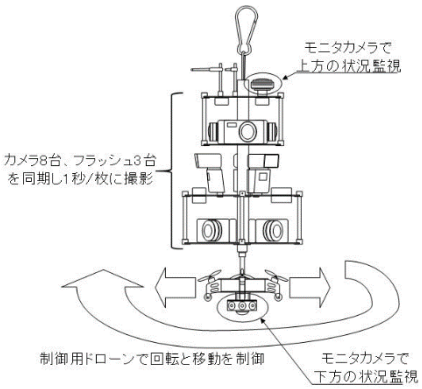

図-1 換気塔立坑内撮影ユニット

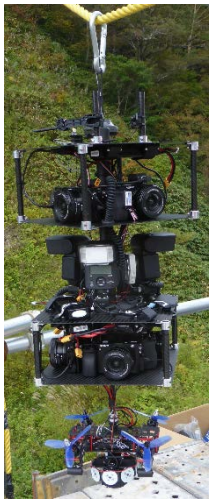

写真-2 換気塔立坑内撮影ユニット

撮影装置にはカメラを 8 台、2 段(4 台づつ 2 段に設置)に分け搭載し全面同時撮影を行う。当初予定していたアクションカムでは、近接目視と同様の 0.2mmクラックを判定するには、解像度が足りない為、ソニー製ミラーレスカメラα6000 を使用した。光源は機体中程に配置されたフラッシュ装置(120°ずつ配置)を使用し、コントローラよりカメラのシャッターと連動して発光させた。

(2) 吊り下げ装置(巻上げ機)

立坑長 450m に対し、余裕を持って 500m 分のロープを巻ける巻き取り装置を設計した。機体重量 9kg、ロープ重量6kg を持ちあげる為に 400w(25Nm)のモータを選定。巻き上げドラムは幅 300、中心径 90 とし、最大巻上げ能力は 25kg で設計。ロープは繰り出すほど中心径が小さく巻上げトルクも大きくなるため、ロープは中間の荷重 3kg を計算に用いて、安全率を 50%とした。

(3) 画像伝送装置

画像伝送には当初光ファイバーを予定していたが、ケーブルの取扱、中継器の取り付け、重量の問題により無線伝送を使用する事にした。そのため機材は、5GHz 帯の無線を利用した HDMI 信号の無線伝送ユニット AMIMON CONNEX を使用した。使用に当たっては、600m のトンネルにおいて直線上の伝送に問題がないことを確認し、この方法を採用した。

5. 調査撮影結果

実施結果は、写真-3 とおりである。撮影データからパノラマ化(写真-4)することで、壁面全体を確認することができた。また撮影データをオルソ化ソフトにてトンネル立坑の部分立体図を作成することができた。しかしながら 450m全体を立体化するには、データの容量や、撮影に問題があり、全体の立面化はできなかった。換気立坑下部は、暗所のためカメラとフラッシュの同期にズレが生じ、露光出来ず対象物の照度が足りない状況であった。個別データとしては、確認可能であるが、オルソ化するには特徴点が確保できなかった。

写真-3 撮影画像

写真-4 パノラマ合成画像

6. まとめ

本検討結果より、カメラの同期やフラッシュ・照明の向上の必要性が考えられる。今後、1 つ 1 つの課題を解決し、より確実に構造物の点検が実施できるよう取り組んでいきたいと考えている。また、本立坑のように超高層な構造物は限られてくるが、同様な検査路のない立坑は存在する。本検討により点検困難箇所の効率的な点検につながればよいと考えている。