

短期間断水時の簡便・軽量な水路トンネル点検・診断手法の開発

北電技術コンサルタント株式会社	正会員	○橋本 徹
北電技術コンサルタント株式会社		松谷 悟
中外テクノス株式会社	正会員	柴田 薫
中外テクノス株式会社		大崎隆浩

1. はじめに

道路トンネルの点検・診断業務では、国土交通省が新技術の採用を後押しし、従来の近接目視点検から画像診断技術等の採用の検討がなされている。具体的には、管理ひび割れ幅 0.2mm を確保するため、一眼レフカメラ、4K ビデオカメラ、ラインセンサーカメラ等の精巧で重量のかさむ機材数台を搭載したワゴン車等を用いた技術が開発され、管理ひび割れ幅の精度を確保しつつ、道路の交通規制等の負担を軽減できる技術レベルまで達成されている。一方、水力発電所等の水路トンネルでは、その下流域の水田に水を供給する機能を担うものが多く、断水を伴う内部点検のための期間があまり取れないのが現状である。このため、水力発電所の水路では断水をせず流水状態での水路点検を可能とした「水面ドローン」の開発や、農業用水路では短期間でデータが取得できる「トンネル壁面連続画像撮影技術」等が開発されている。しかしながら、これらの技術は、道路トンネルと同様に、管理ひび割れ幅 0.2mm を確保するため精巧で重量のかさむ機材等を用いており、山岳地帯に設置されている水力発電所の水路トンネルでは作業効率性が度々問題となる。このことから、水路トンネルの要求品質を考慮した簡便・軽量で、かつ、短期間で実施できる点検・診断手法の確立が求められている。

本研究では、道路トンネル等で活用されてきた画像解析技術を水路トンネルに応用することを提案し、水路トンネルの管理ひび割れ幅を新たに設定したうえで、水路内面を短期間で簡便に撮影し、通水後に詳細な画像処理・診断を行える点検・診断手法を開発した。この度、北陸地方にある直径 2.42m の水路トンネルでの現場検証結果を得たのでここに報告する。

2. 簡便・軽量な点検・診断手法

簡便・軽量な点検・診断手法として、従来の精巧で重量のかさむカメラ機材ではなく「8K 全方位カメラ」を採用した。全方位カメラは横向きに設置し、1 台で断面全周を撮影することができる。カメラの断面方向の画素数は 8K (7,680 画素) であり、トンネル周長 (直径 2,420 mm $\times$ 3.14=7,600 mm) をカメラ画素数で割ると、1 画素当たり約 1mm の解像度となる。また、トンネル内の照明のため LED 照明をアルミフレームで組んだ台車に取り付けた装置を開発した。撮影された動画は、専用ソフトにより静止画に変換しオルソ補正、長さ補正を行った後、単位長さ毎に画像を結合させ一連の結合画像を完成させた。今回開発した装置の概要を図-1 に示す。

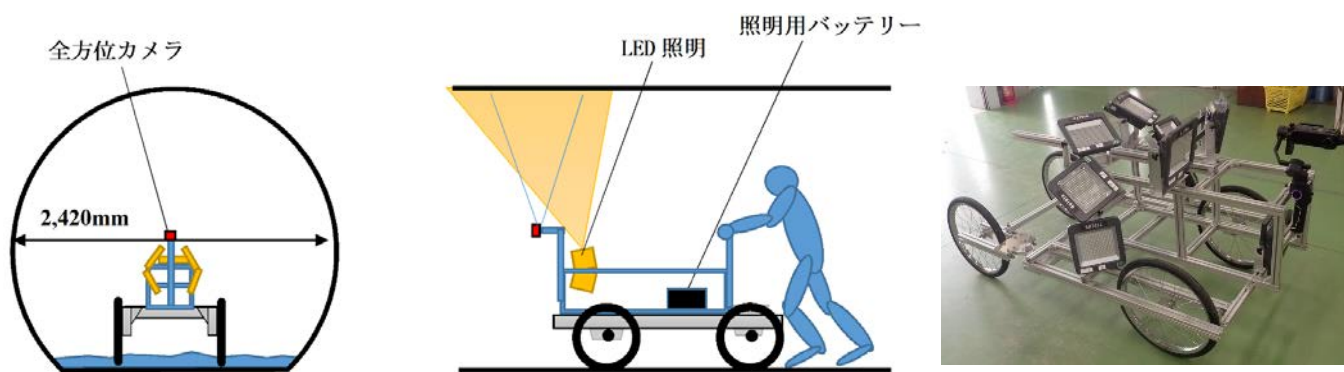


図-1 画像撮影装置

キーワード 画像解析技術, 水路トンネル, 短期間断水, 点検・診断手法, 維持管理, ひび割れ幅

連絡先 〒930-0858 富山県富山市牛島町 13 番 15 号 北電技術コンサルタント株式会社 TEL 070-2252-3563

3. 点検・診断手法の検証方法

点検・診断手法の検証は、北陸地方にある直径 2.42m の水路トンネル全長 400m のうち、最も劣化が激しくチェックモルタル等の監視措置がなされている区間 $L=50\text{m}$ を対象とした。検証項目は、(1) ひび割れ精度：トンネル側壁に検証用クラックスケールを配置し撮影画像から読取り可能であるひび割れ線を確認、(2) 結合画像の品質：撮影画像のブレや鮮明さを確認、(3) 走行速度の影響：走行速度とシャッター速度、ISO 感度の関係を結合画像の品質で比較、(4) 作業効率性：機材搬入方法や画像処理時間を確認、(5) チェックモルタルの確認：チェックモルタルに発生しているひび割れを撮影画像で確認、である。

4. 検証結果及び考察

(1) ひび割れ精度

ひび割れ幅は 0.4～0.5 mm まで認識可能であった。下記 3 つの点で、水路トンネルの管理ひび割れ幅は 1.0mm 程度が適当であり、この管理ひび割れ幅であれば、今回開発した点検・診断手法で測定可能である。

- ① 微細なひび割れの視認性：一般に水路トンネルの壁面は、抜水直後、藻や泥が付着しており、微細なひび割れを認識することが困難であるという実状を踏まえると、道路トンネル並みにひび割れ検出精度を上げることは合理的でない。
- ② コンクリート剥落による影響：道路トンネルはトンネル内を車が通過するため、トンネル天端からのコンクリート片の落下は第三者への影響が懸念されるが、水路トンネルではトンネル内を水が通過しているだけであり、水路トンネルの管理ひび割れ幅を緩和できる可能性がある。
- ③ 農業水利施設の基準：筆者らは、トンネル天端の崩壊や過度の漏水に直結しない管理ひび割れ幅として、「農業水利施設の機能保全の手引き（水路トンネル）」の健全度ランク S-4（要観察）と健全度ランク S-3（補修・補強）との境のひび割れ幅 1.0mm を設定した。

(2) 結合画像の品質

インバート面の凹凸の影響で台車が直接振動を受け、部分的に通常よりもブレが大きい画像が見られた。今後ジンバルなどの緩衝装置を組み込むことを検討する。

(3) 走行速度による影響

シャッター速度 1/500 以下、ISO 500 以上であれば、通常の歩行速度(台車走行 2～3km/h)で問題ないことを確認した。水路トンネルの延長は通常 2～5km で、長いものでも 10km であることから、この速度の場合に、現地調査は事前準備等を除き最大でも 1 日以内で完了できる。

(4) 作業効率性

本手法では、大がかりなクレーン搬入ではなく、ロープなどを用いた人力搬入が可能である。また、画像処理時間は従来のビデオカメラを用いたものに比べ概ね 1/3 程度であった。

(5) チェックモルタルの確認

水路トンネルの維持管理では、重大なひび割れに対してチェックモルタル等によりその進展性を確認することがある。本手法でもそのチェックモルタルのひび割れを確認することができた。

5. まとめ

水路トンネルの内部点検は、ダム水路主任技術者が責任者となり、点検・記録員数名とともに水路トンネル内に入り目視で点検・診断することを基本としている。今後、維持管理人員の不足が想定されるなか、本手法の活用により、特に小断面トンネルにおいて点検・記録員の省力化が少しでも図れることを期待する。また、今回課題となった「ブレの影響」について検討を進め画像品質を改善するとともに、さらに簡便で安価な水路トンネルの点検・診断手法の開発に努めていきたい。

参考文献

- ・流水状態での水路点検を可能とする「水面ドローン」の開発；土木学会第 75 回年次学術講演会
- ・農業用水路トンネル壁面連続画像撮影技術の現地適用性の評価；農工研技法 218 2016