

水中ロボットによる水路トンネル点検調査技術の開発

復建調査設計株式会社 正会員 ○今井田 敏宏
 復建調査設計株式会社 フェロー 吉浪 康行
 復建調査設計株式会社 松石 成生

1. はじめに

水路トンネルは、国民の生活や産業を支える重要な基盤施設の一つであるものの、その存在は、一般にあまり知られていない。水路トンネルは、上水・工業用水、農業用水、発電用水等の、導・送・配水を目的として、高度経済成長期と重なる昭和30年代から40年代にかけて築造されたものが多い。そのため、施設の老朽化が徐々に進行しており、段階的な施設の補修・改築・更新が計画されている施設もある。一方で、代替の送水ルートが無く断水が許容されないといった社会的制約のほか、水路トンネルの構造的（小断面・長距離）制約など、施設状態の点検調査が困難な施設も多く、施設維持管理上の課題となっている。平成18年8月に発生した広島県の送水トンネル崩落事故を契機に、これら施設の定期点検の重要性が改めて確認され、合理的かつ効率的な点検調査法の確立が望まれている。

そのような中、水路トンネルを断水して詳細な点検調査を実施する前段階として、通水状態にある長距離の水路トンネルでも、比較的簡単に点検調査が実施可能な機材を開発したので、その概要を発表する。

2. 通水中の水路トンネル点検調査法の概要

通水状態にある水路トンネルの点検調査法として、水中カメラによる方法とダイバーによる方法の2種類がある。ダイバーによる方法は、水路トンネル断面の大きさや流速等、制約条件が多く、危険を伴うため、調査範囲が限定されることが多い。このため、通水状態での点検調査は、一般に水中カメラによることが多い。水中カメラによる調査は、水中カメラへの電力供給や映像情報伝達等のためのケーブルを必要とするため、その長さによって調査可能範囲（最長1.5km）に制約を受ける。また、曲線を有する水路トンネルでは、ケーブルが曲線部内側壁に強く接触（摩擦）するため、ケーブル損傷もしくは側壁損傷の懸念から、トンネル曲線部より下流側は調査不可能となることが多い。

3. 水中ロボット開発の概要

3.1 開発目標

- ① 通水状態にある比較的長距離（2.0km以上）かつ曲線を有する水路トンネルも点検調査が可能なこと。
- ② 水路トンネル覆工内面の劣化・損傷状況が、安定した連続映像としてビデオ撮影可能であること。
- ③ 水中ロボットは小型軽量であること。（人力調査が可能）
- ④ 点検調査費が安価であること。
- ⑤ 水路トンネル内面を撮影した映像から、覆工の状態（クラック・浸入水他）を概略診断できること。



写真－1 水中ロボットのイメージ

3.2 開発した水中ロボットの概要

水中ロボット 主 要 諸 元	形 状	円筒形	容器材質	SUS304
	主要寸法	外径 50cm（最大径）	長さ 70cm	機材重量 28kg
	主要装備	カメラ4台（水面上2台、水中2台）、バッテリー 照明（白色LED・他）、データ記録装置、他		
		復建調査設計(株)・岡三リビック(株)・(株)ゲット 3社共同開発・特許出願中		

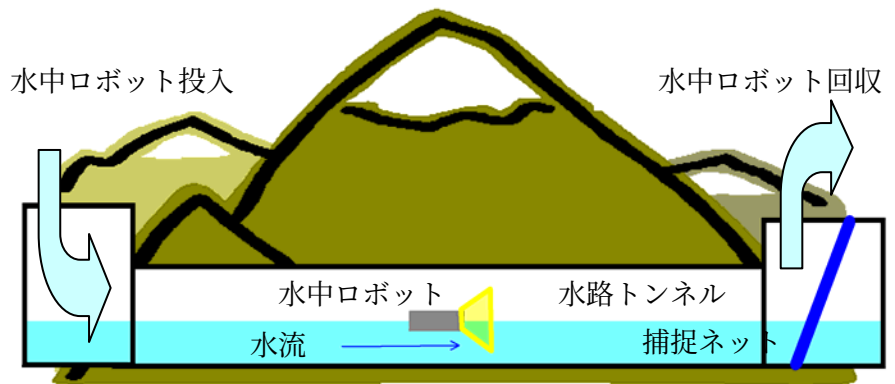
キーワード 水中カメラ、水路トンネル、点検、調査、劣化、損傷

連絡先 〒732-0052 広島市東区光町2-10-11 復建調査設計株式会社 水工技術部 TEL082-506-1862

調査範囲	水面より上（気中）の、トンネル天井と側壁を主な撮影対象とする。 水中の映像は、水の濁度による影響を受け、鮮明さに欠ける場合もある。
対象とする トンネル諸元	内空断面寸法 幅 1.0m～3.0m, 高 1.0m～3.0m 程度 トンネル延長 概ね 7.0km 程度 (流速 1.0m/s 程度の場合;流速により増減あり)

3.3 調査技術の概要

調査は、水中ロボットを水路トンネル上流側の坑口から投入し、トンネル内を自然流下させて内部映像を撮影した後、トンネル下流側坑口に設置したロボット捕捉ネットにより捕捉回収する。（図－1）回収した水中ロボットから撮影した連続映像を取り出し、水路トンネル内面の劣化・損傷状況を静止画として抽出・報告する。また、トンネル内面の映像とカメラの位置をリンクして閲覧できるよう、GISソフトを使用し、編集・報告する。（写真－2）水中ロボットによる定期的な調査実施により、映像に基づくトンネル覆工経年変化の確認も可能となる。



図－1 調査概要図

静止画として抽出・報告する。また、トンネル内面の映像とカメラの位置をリンクして閲覧できるよう、GISソフトを使用し、編集・報告する。（写真－2）水中ロボットによる定期的な調査実施により、映像に基づくトンネル覆工経年変化の確認も可能となる。

4. おわりに

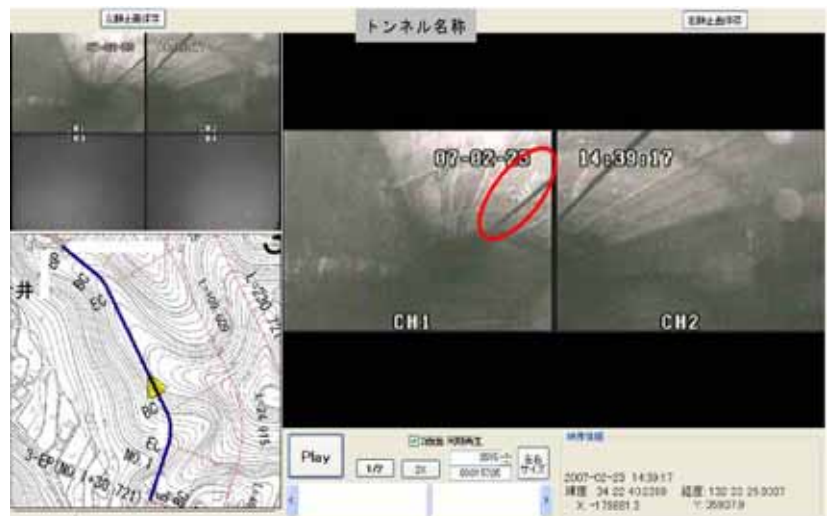
開発した水中ロボットにより、下記の調査が可能となった。

- ① 水路トンネルを断水することなく、2.0km を超える長距離の水路トンネルも全線調査が可能。
- ② 平面的な曲線のある水路トンネルも調査が可能。
- ③ 水中ロボットの形状を工夫したことで、下流向きの安定した映像を撮影することが可能。
- ④ 安全かつ容易（素早く）に点検調査が実施可能。（大きな地震の後など、臨時点検にも活用が可能）
- ⑤ 水中ロボットによる定期的な点検調査を実施することで、覆工内面の経年劣化の進行をいち早く発見し、早期の対応が可能。
- ⑥ 開発した水中ロボットを使用して、通水中の長距離水路トンネルの点検調査を 3 事例(延長：2.8km, 4.6km, 7.8km)実施し、所定の調査結果を得ることができた。

今後も、水中カメラの性能向上や適用範囲の拡大を目指した技術開発を継続したい。

参考文献

- ・2007 年度 安全問題研究論文集 (社)土木学会 安全問題研究委員会 Vol.2 2007 年 11 月 pp137-142
- ・復建調査設計株式会社ホームページ：<http://www.fukken.co.jp/download/pdf/3-19-01.pdf>



写真－2 劣化損傷の報告映像（静止画抽出）
（左下：平面位置 右：気中拡大映像）