

Project brief 2

プロジェクト紹介【寄稿】

農業用・水道用水路トンネルの診断技術の開発と適用

藤原鉄朗

FUJIWARA Tetsuro

日本工営株式会社
コンサルタント国内事業本部
交通運輸事業部
インフラマネジメント部
部長



はじめに

農業用水・工業用水・水力発電など利水目的で構築される水路トンネルは、通年通水されており、断水を伴う点検や調査が困難な場合が多い。一方、水路トンネルは地山外力によって、経年的・突発的に崩壊や地山の陥没に至るケースもあり、定期的な調査が必要な構造物である(写真1)。

本稿では、農林水産省官民連携新技術開発事業①「効率的な農業用水路維持管理のための非破壊調査技術および劣化診断システムの開発(平成14～16年度)」、水資源機構共同研究「減量通水状態におけるトンネル調査のための技術開発(平成20～21年度)」、農林水産省官民連携新技術開発事業②「農業用水路トンネル・サイホンの不断水調査・診断技術の開発

(平成19～21年度)」において実施した、3つの水路トンネルの診断技術の開発を紹介する。

水路トンネル診断技術の高度化の先駆け

水路トンネルの診断技術については、昭和63～平成6年度にわたり土木学会エネルギー土木委員会の設備診断・補強技術小委員会において「水路トンネルの維持・管理支援エキスパートシステム」の検討が行われ、これと平行する時期に東京電力(株)において水路トンネル計測診断システムが開発されている¹⁾。この際に開発されたレーザー・レーダシステムの全容を写真2に示す。本システムは総重量が2tに及ぶ大型の専用計測車両であり、水路トンネルのひび割れ等の変状を壁面連続画像として記録するレーザー撮影装置と覆工背面の空洞を調査するレーダ計測装置

を搭載している。このシステムは、レーザー撮影装置で計測された「ひび割れの形状と規模(クラックパターン)」と、レーダ計測装置で把握される「覆工コンクリートの厚さ・空洞の有無」を基本情報として、トンネルの安定性を評価でき、水路トンネル診断の高度化を大きく押し進めるものであった。

農業用水路トンネルのための診断技術の開発

農林水産省では平成18年度から農業水利施設のストックマネジメントを本格的に導入し、国営基幹的農業水利施設の機能診断調査を随時実施している。これらの機能診断調査は目視を基本としているが、変状の進行性の把握やデータの記録の点で課題も有しており、重要な施設では壁面の連続画像撮影・覆工背面レーダ調査が必要となる場合も多い。



写真3 農業用水路トンネル計測診断システム

わが国の国営農業水利施設の水路トンネルの全長は約1,100kmあり、このうち内径2.7m以下の小断面トンネルは74.8%(距離ベース)である。また、農業用水路トンネルへの機材の搬入・搬出口が狭隘で、トンネル内部の構造が不明な場合も多い。このため、短い断水時間のなかで現地の状況に合わせて調査を実施するために、水力発電用トンネルで開発された計測診断装置の小型化・簡素化を行う必要があった。

農林水産省官民連携新技術開発事業①においてレーザー・レーダ計測装置の小型化を図り、市販の電気自動車に牽引させるタイプの農業用水路トンネル計測診断システムを開発した(表1、写真3)。これにより、小断面トンネルの高精度な壁面連続画像の撮影や覆工背面の空洞探査を時速1kmで実現できるようになった。また、機材の搬入・組立・解体・搬出の効率化を図ることで、狭隘な水路トンネルを短時間の断水で調査できるようになった。なお、レーザー撮影装置で検出可能なひび割れは幅0.1～0.2mm以上であり、目視調査同等以上の検出能力を有している。

例えば、矢作川総合地区・北部幹線水路は最大4時間しか断水時間が確保できない重要な水路であったが、本装置の適用により、水路トンネルの高精度な調査が実現できた²⁾。このほか、平成19～23年度において約80箇所、延長にして230kmの水路トンネル(農業

表1 農業用水路トンネル計測診断システムの性能

システム全体	項目	性能
	搬入・搬出条件	最小通過径0.9×0.9m
計測条件	滞水：50cm以下	
迅速性	短い断水時間で計測が可能	
再現性	計測者に依存せずに同じデータが計測可	
記録性	延長距離で各データを同期化し、デジタルデータとして記録	
壁面連続画像計測	計測項目	ひび割れ・湧水・目地の損傷等の目視で観察可能な変状
	計測速度	1.0km/h程度 (安全に歩行しながら、遅滞なく調査ができる速度)
	1日の標準計測距離	5.0km程度
	良好な条件下での最小検出ひび割れ幅	0.1mm
	計測範囲	覆工表面から1m程度
覆工背面調査	計測項目	覆工厚さ・覆工背面の空洞の有無・厚さ・覆工背面の地山性状
	計測速度	連続計測1.0km/h程度 (安全に歩行しながら、遅滞なく調査ができる速度) 地山計測30分/箇所
	1日の標準計測距離	5.0km程度
	覆工厚および空洞の計測誤差	±5cm程度
	地山性状評価	3～4段階 (土砂・軟岩・硬岩)
	計測範囲	覆工表面から1m程度
内空断面計測	計測項目	内空断面形状
	計測ポイント数	1断面当り200ポイント程度
	計測誤差	±1～3mm
	計測時間	1断面当り10分程度

用水路トンネル以外を一部含む)で本装置が適用され、農業水利施設の機能診断調査に大きく寄与している。

減量通水条件での調査診断技術の開発

非灌漑期に断水が可能な農業用水とは異なり、工業用水では利水者との関係から断水が困難で、長年、調査診断が行われていない水路トンネルがある。しかし、工業用水路トンネルにおいても、常に設計流量が必要なわけではなく、時期によってはその半分以下の流量(減量通水)の時間帯を確保することができる。

そこで、水資源機構との共同研究において、これらの減量通水条件で水路トンネルの詳細調査を行う技術を検討し、レーザー撮影・レーダ計測を行う有人調査台車を開発した。

開発では、狭隘なトンネル内での機動性と流量に対抗する動力・安定性を同時に確保するために試行錯誤を繰り返し、農業機械を改良したディーゼルエンジンを搭載する大型重量タイプを経て、バッテリーで駆動する小型軽量タイプの調査台車を製作した(表2)。この調査台車は水路トンネル内の組み立てが可能であり、高い機動性を有している(図1、2、写真4)。共同研究では、この小型軽量台車を用いて、減量通水が最大6時間可能な水路トンネル(延長5.5km、内径2.5m)でレーダ調査を実施し、最大水深58cm・流速約1.0m/sにおける減量通水条件での適用性について確認することができた。

不断水条件での調査診断技術の開発

前述の調査診断技術の開発に



写真1 天端が崩落した水路トンネル



写真2 水力発電用水路トンネル計測診断システム

