

DX 時代における水路トンネルの新しい維持管理のあり方について

日本工営株式会社	正会員	○中山	宣洋
日本工営株式会社	正会員	佐藤	京介
日本工営株式会社	正会員	松田	貞則
株式会社ウオールナット	非会員	財部	伸一
株式会社アーク・ジオ・サポート	非会員	川本	豪

1. はじめに

近年、土木構造物の維持管理分野でも、AI や IoT, ドローン等の新技術を活用した DX が進められているが、個々の技術開発は、従来のやり方や技術に対してのデジタル改善、技術高度化に留まりがちであり、DX の主眼としている維持管理体系の変革は、これからの DX 推進の課題となっている。

ここでは、水路トンネルを対象とし、通水点検装置を主に据えた DX 時代に相応しい点検・維持管理システムについて提案を行うとともに、運用中の導水路トンネルでの実践事例について紹介を行う。

2. 提案する DX 時代の新しい点検・維持管理システム

水力発電事業及び水道・工業・農業用水道供給事業を目的とした水路施設では、ユーザーへの水・電力の安定供給、メンテナンスに伴う停止又は故障等に伴う計画外の導水停止による営業損失の削減、豪雨・地震等の災害の大型化により施設損壊リスクや公衆災害リスクへの対応が重要視され、働き方改革等も相まって、生産性向上策として“通水状態での水路点検（以下、通水点検と称す）”の開発・実装へのニーズが高まっている。

通常、断水を伴って実施する有人による空水点検に対し、無人で実施できる通水点検のメリットは主に①～③に大別される。

- ①これまで有人では実施出来なかった点検等の実施
- ②ロボット活用、デジタル化による点検効率化、作業安全性の向上
- ③DX による維持管理手法の変革・付加価値の形成

通水点検に無人の壁面連続画像撮影装置を適用することで実現できる、具体的な点検・維持管理内容として以下が想定される。

(1) 迅速で安全な緊急点検の実施

通常震度 4 以上で実施している地震発生直後の緊急時点検では、導水状況からトンネル坑外の確認に限定されるが、落盤・覆工崩落などトンネル坑内の安全の確認、また近年の豪雨・豪雪等の異常気象による覆工損傷や通水阻害有無の確認が可能。(①、②)

(2) 安全性の向上、効率化・省力化、点検技術レベルの安定

点検無人化による安全性の向上と点検記録のデジタル化 (ex.目視⇒画像記録) による点検効率化 (②)、および調査員の技術レベルに依存しない再現性の高い点検評価 (③)、画像記録等により過去に遡っての変状等の再評価 (③) が可能。

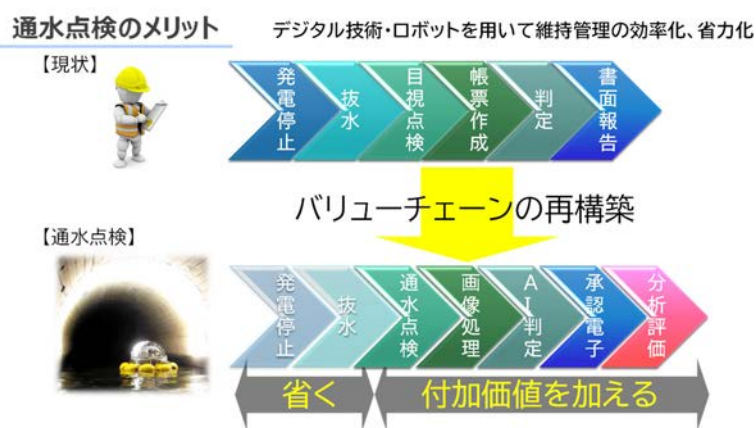


図-1 通水点検のメリット

キーワード DX, トンネル, ドローン, 通水点検

連絡先 〒102-8539 東京都千代田区九段北 1-14-6 日本工営(株) TEL: 03-3238-8116 FAX: 03-3238-8094

(3) DXによる維持管理手法の変革（「時点評価と専門技術者による今後の推定」から「機械学習による傾向評価」へ）

これまでの断水を必須とする通常の見視点検では、点検した機会ではしか経年的な変状の発生や進行が確認出来なかった。一方、断水を伴わないため手軽に実施可能である通水点検は、得られた画像から経年変化の可視化や、地山の風化・劣化や地下水変動、地震等の外的作用による異状を早期発見出来るとともに、頻度高く点検実施することで、画像処理・AI学習により変状の進行性を「傾向」として捉えることが可能となる。

これまで、数年に1度熟練技術者によって診断・修繕工事計画を行ってきた現況から、点検・評価から診断までをシームレス化することで意思決定の迅速化が可能となる。(3)

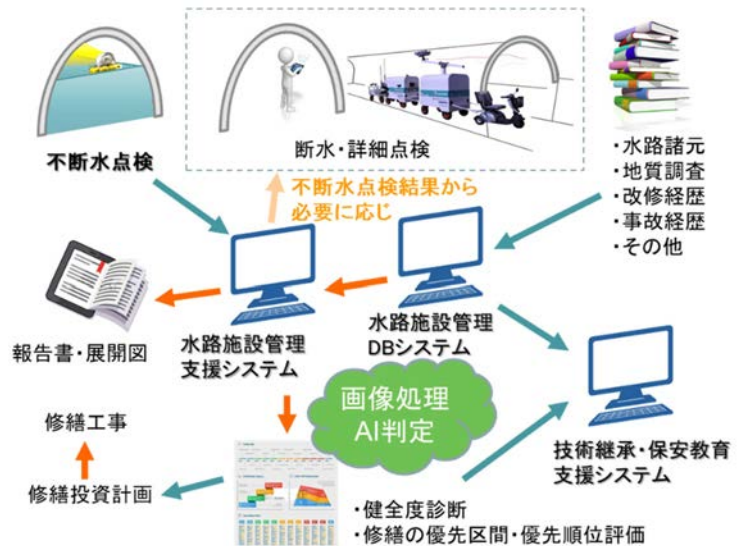


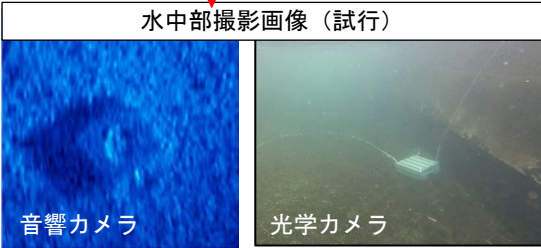
図-2 通水点検を活用したDX化維持管理体系

3. 運用中の導水路トンネルにおける実践事例

(1) 点検機材諸元および点検状況


壁面自動追尾型水路トンネル撮影装置（特許第5487409号）による、通水点検状況を以下に示す。

項目	仕様	
形状・寸法	円筒形, $\phi \times H = 735 \times 528$ mm (本体 $\phi 450$ mm)	
重量	約 35 kg	
航行方式	自然流下方式	
搭載機器	撮影装置	白黒高感度ビデオカメラ (1/3 inch CCD) x 3台 画角 TELE 47.1° x 35.4°, WIDE 111.3° x 83.5° 最低被写体照度 0.0002 lx, F1.4
	撮影用照明	1W (82lm) 白色 LED x 48 灯



水中部撮影画像（試行）

音響カメラ



気中部撮影画像

図-3 点検状況および装置諸元

(2) 評価

点検では、気中部の変状について通水点検装置のカメラ撮影による調査を行ったが、調査精度についてはひび割れ有無の認識可能な幅は 0.2mm、ひび割れ幅が判別できる幅として 1mm であった。これらの調査精度は、評価基準で求められるひび割れ判定幅を認識できる精度を確保できた。

水中部については、盤ぶくれ等の緊急的に対策が必要な変状、インバートの摩耗や洗堀（欠損）程度を把握可能か、試行的に音響カメラによる水中撮影を行った。試行の結果、凹凸差 1.5cm の深さ寸法を計測することは出来なかったが、凹凸の有無は確認をすることが可能であり、欠損状況および緊急的な対策の要否は判断可能であると考えられた。

4. 今後の展開

今回の運用中の導水路トンネルにおける DX 維持管理の実践は、初回点検に位置付けられる状況であったことから、2. で提案する維持管理手法の変革が可能であるか、引き続き検討を行っていく。