

水中ロボットカメラ・自律型管内漏水検知システムを用いたサイホン漏水調査事例 Leak Detection of Siphon Structure using ROV and Self-Controlled survey system

○藤原鉄朗^{*1} 中山宣洋^{*1} 森 充広^{*2} 渡嘉敷勝^{*2} 浅野 勇^{*2}

FUJIWARA Tetsuro, NAKAYAMA Nobuhiro, MORI Mitsuhiko, TOKASHIKI Masaru, ASANO Isamu

1. はじめに

農業水利施設の長寿命化を図り、ライフサイクルコストを低減するストックマネジメントを実践していくためには、施設の定期的な機能診断が重要である。しかし、上水、工業用水と兼用されている農業用水路や、畑地かんがい、地域用水などのために通年通水されている農業用水路の中には、短時間の断水も困難で機能診断そのものが難しい施設があり、施設管理上の大きな課題となっている。

本報告は、これらの長期断水が困難なサイホンにおいて、漏水音を取得したり、管内を水中ロボットカメラで調査したりすることによって、漏水箇所の特特定を試みた事例を紹介する。

2. 調査対象施設の概要・調査条件

調査対象としたサイホン(PC管・φ2000mm)は、農水・上水の共用水路である幹線水路の一部であり、自由水面をもつ開水路から管水路(トンネル構造)へと移行する箇所(トランジション)に位置している。サイホンからトンネルのトランジション部は土被りが5m程度あるが、直上に湧水が生じており、当該水路からの漏水が懸念されている。本施設の概要を図-1に示す。

利水上の制約から、現地水路の断水可能時間は1週間のうち4時間と、非常に短時間であった。そこで、今回は8:00~12:00の4時間の断水を3週間で計3回行い、1回目は予備試験、2回目は本試験、3回目は潜水夫による目視調査を行うことによって、対象施設からの漏水の有無および漏水箇所の特特定を試みた。

3. 適用した新技術

本調査では、断水可能な時間が限定されることから、水中において調査が可能な二種類の新技術を適用した。一つは、音響センサや加速度センサを内蔵した金属製の球体装置を管中に流下させることで、流下中に漏水音を取得するとともに、漏水位置を検出する自律型管内漏水検知技術である。本システムの仕様を表-1に示す。球体装置は、流下中、常に超音波パルス信号を発信している。管路内にその信号を受信する装置(図-1中、SBRと示す)を任意の距離間隔で複数箇所設置し、超音波パルスを受信した時刻を記録することによって、球体装置が流下している位置を求める。今回の調査では、図-1に示す対象区間を含む1,400mを流下させて漏水検出を試行した。球体装置の回収は、最末端の分水工において断水期間中に潜水夫が行った。

もう一つは、水中ロボットカメラ(ROV)¹⁾である。ROVは、小型カメラを内蔵した装置を有線で人が地上から操作し、管内の任意の地点においてひび割れなどの変状をモニタ上で確認するものである。今回の調査では、断水時間が短いことから、機動性を重視し、水中で音を検出する機能

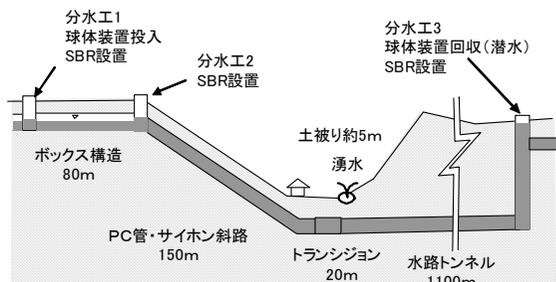


図-1 調査対象施設概要

表-1 自律型管内漏水検知システム金属製球体装置の仕様

| 形状 | 球 |
|----------|------------------|
| 材質 | アルミニウム |
| 直径 | 66mm |
| 重量 | 245g |
| 内蔵センサ | 音響, 磁気, 水温, 加速度計 |
| 記録装置 | SDカード |
| 内蔵電池 | リチウム電池(最大12時間) |
| 超音波パルス間隔 | 3秒ごとに発信 |
| その他 | データを取得した時刻を記録 |



図-2 自律型管内漏水検知システム外観

^{*1} 日本工営(株)インフラマネジメント部 NIPPON KOEI Co.,LTD サイホン, 水中ロボットカメラ, 漏水検知

^{*2} (独)農研機構 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering

を付加した小型のタイプを選定した。ROV での調査は、断水し、水流がほとんど停止した状態で実施した。この際、ROV の操作は、往路において漏水発生の可能性が高い継手部のカメラ確認、復路において漏水音の検知を行った(図-3 参照)。

4.管内からの漏水位置の特定調査結果

自律型管内漏水検知システムで計測した管内の音響データを図-4 に示す。図-4 に示すとおり、今回の調査では、バックグラウンドノイズが大きく、特にサイホン・水路トンネル区間において球体装置が転がる音や空気が連行される音などを検出し、音の大きさが急激に大きくなるような漏水部を検出することはできなかった。

一方、ROV での調査では、トランジション部の施工目地において、漏水の可能性が高い吸い込み部がカメラ画像により確認された。この部位では、目地に向かって木切れや枯葉が突き刺さるように入り込んでおり、明らかに他の継手・目地とは異なる状況を示していた(図-5)。なお、この位置は、地表湧水箇所から3m 程度下流側に位置していた。

引き続き、ROV により、漏水の可能性のあるこの目地の近傍で音を計測したが、他の目地や継手部と異なる漏水音は観測されず、漏水は極めて微量であると判断された。

ROV により、漏水の可能性のある位置が特定されたことから、3 回目の断水において潜水調査を実施することにした。潜水夫が、当該目地に向かって牛乳を吹付けて調査した結果、緩やかに牛乳が目地に向かって吸い込まれていく状況が確認され、漏水であることを特定できた(図-6)。

5.サイホンの漏水位置特定に関するまとめ

今回、自律型管内漏水検知システムでは漏水箇所を特定することができなかった。これは、漏水音の音響レベルが弱かったこと、また調査対象の立地条件から、空気連行や傾斜急変に起因する水流音や球体装置自体の転がり音で漏水音がかき消されたためと推定される。しかし、より水圧の高いパイプラインでは、同システムで漏水位置を特定できている例もあり、パイプラインの漏水調査方法としては有効な手法と考えられ、今後も適用性を検証する必要がある。

一方、ROV 調査では、漏水音は検出されなかったが、カメラ観察で漏水の可能性が高い位置を抽出することができた。

以上の結果、断水、抜粋が困難なサイホンの漏水調査では、ROV 等によりまず内部を目視調査することが、一次診断として安全かつ効果的な手法であると考えられた。

【参考文献】

- 1) 藤原鉄朗ほか、水中ロボットを用いた水中音検知による漏水位置特定手法の検討一、農業農村工学会全国大会講演要旨集 pp.530-531, 2009

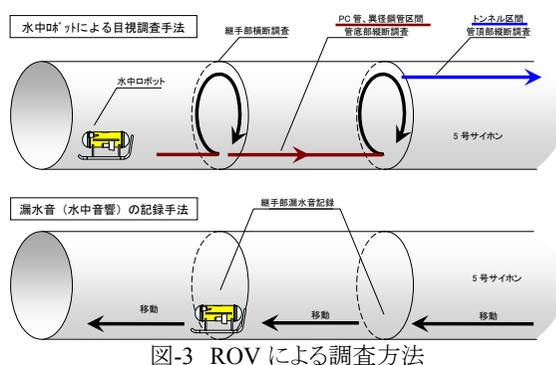


図-3 ROV による調査方法

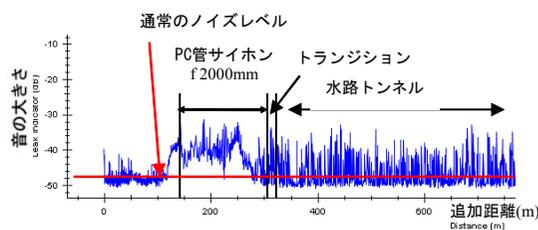


図-4 自律型管内漏水検知システムの計測結果



図-5 ROV で撮影した目地部からの吸い込み状況



図-6 潜水夫が撮影した牛乳の吸い込み状況