

パイプラインの通水試験における安全性と効率性の向上

－携帯電話を活用したリアルタイム管内水位の監視－

(株) アルファ技研 徳井 順、西 恭二、植屋 賢祐、○阿部 匡弘

1. はじめに

近年の農業用パイプラインは、大規模畑地かんがい事業の展開と圃場拡大に対応した自走式散水機の普及、および管材や施工技術の進歩によって、大規模化・高圧化する傾向にある。特に、幹線レベルでは1MPaを超える高圧パイプラインも一般化し、施設配置も広域に及ぶものが多い。

パイプラインは施工完了後、供用開始に先立って、施設の安全性と機能性を確認するための通水試験が行われ、一般に、水張り後に漏水の有無を確認することで施設の安全性を確認している。また、この漏水監視期間は、水張りを終えて一昼夜放置の後、少なくとも24時間行うことが規定されている。^{1)、2)}

一方、通水試験の状況を見ると、圃場の耕作状況や冬期積雪等による実施可能期間の制約から、複数路線の試験を連続または並行して行う場合があり、試験現場では漏水監視にあたる要員確保の問題や、試験範囲の広域化に伴う監視インターバルの長時間化（移動に時間がかかる）によって、安全性の判定精度が低下するなどの問題が生じることがある。

本報文では、このような問題に対処する一手段として、通水試験の安全性と効率性の向上を目的に、携帯電話通信技術の活用による管内水位監視装置を用いた通水試験の実施例を紹介した。

2. 監視装置の概要

従来の漏水監視は、ファームポンド等の起点水槽の減水深観測や、アナログ式の普通型圧力計による減圧傾向の監視など、水張り後の定期的な巡回観測で対応していたが、監視範囲が広域になるにつれて移動に時間が取られ、監視インターバルが長くなって変状を察知することが難しくなるなど、試験の安全性確保の面で問題が生じていた。

このような問題を解決するために、近年技術発達が目ざましい情報通信技術を活用した試験管理のサポートシステムを検討し、試験現場でその有効性を検証した。

監視装置の設置および使用状況は次ページのとおりである。

監視装置は、①空気弁の排気弁などに設置して管内水圧を計測する圧力センサー、②データロガーや携帯電話を内蔵した現場側通信装置、③現場側電源装置、④データ収集と処理を行うモバイル端末（パソコン）と処理ソフトで構成される。

【監視装置の仕様】

監視インターバル：1秒～1時間

観測精度：0.00013MPa（水頭換算0.01～0.02m程度）

連続監視時間：約2週間（監視インターバル1分の場合）

圧力センサー

空気弁の排気弁を利用して、
圧力センサーを設置。



現場側通信装置

写真左のボックスは電源装置。
(車用バッテリー)

写真右のボックスは通信装置。
通信用の携帯電話、データロ
ガー等を内臓。



通信アンテナ

弁室外に携帯電話用のアンテ
ナを設置。

通信を確保するため、弁室通気
用のステッキを利用。



3. 通水試験への適用とその効果

ここで紹介した事例は、国営かんがい排水事業芽室地区の畑地かんがい用パイプラインの通水試験への適用事例であり、携帯電話通信技術を活用したリアルタイムの管内水位監視装置を通水試験に導入した効果は次の3点に要約される。

- ① 充水速度の確認と充水作業中の異常の検知に有効であり、作業の安全性を向上する。
- ② データ監視インターバルを密にしたきめ細かな経時変化を効率的に把握できるため、漏水観測中の変状への迅速な対応を可能にする。
- ③ 観測精度が高く、長期・遠方監視に向くことから、比較的小規模の漏水箇所の特定に活用できる。

通水試験における具体的な導入効果を以下に示した。

(1) 充水作業の管理³⁾

一般に、空の状態にある管路の初期通水は、充水量（充水速度）を設計流量の1/5～1/10程度として⁴⁾、流量制御を管路途中の制水弁で行う方式がとられている。この場合、特に配水幹線などの末端部は高圧・小口径となるため、より小流量・小開度の制御が必要となるが、小口径ゆえに制水弁開度計の設置がないことや、弁自体が地中埋設型となっていることなどから、その制御は非常に難しく、試験の安全管理上の課題となっていた。

このため、監視装置を充水作業の管理に適用し、その有効性を検証した。

監視装置の導入により、任意の時間にデータを収集して、図1に示す処理ソフトによって、任意時間内の充水位変化と、当該区間および時間内の充水速度を把握することができたため、試験状況に対応した柔軟な充水速度の調整が可能になった。

また、図2は、充水作業中のデータ監視により、管内水圧の異常な変動を検知した事例であり、原因調査から、施工時に空気弁保護キャップの取り忘れがあり、排気不良でエアハンマーが発生したものと判明した。なお、異常確認後は充水作業を中止して修理対応し、翌日から充水を再開して問題なく作業を完了している。

このように、監視装置を用いることにより、試験中、任意の場所および時間に、充水速度のチェックや、管内異常の検知が可能となり、充水作業の安全性を確保することが可能になった。

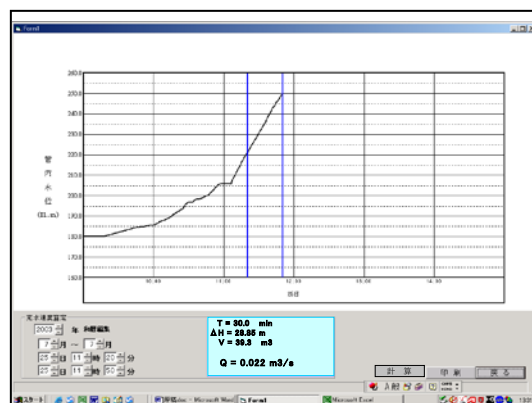


図1 データ処理ソフトの一例

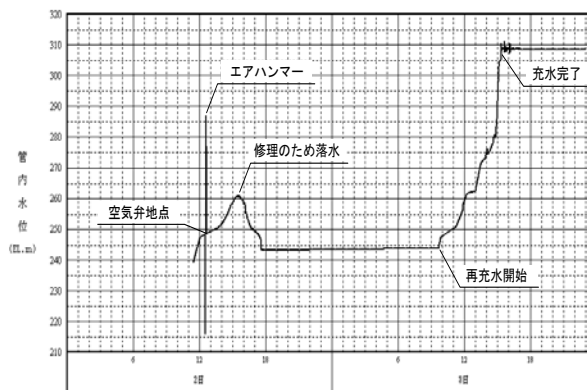


図2 充水作業中のエアハンマーの発生

(2) 漏水観測³⁾

従来、水張り後の漏水監視は、定期的な巡回により量水標やゲージ類を観測者が目視で確認する方法をとっていたが、この場合、①データ読み取りの個人差があり、観測者の交代によってデータの一貫性が失われることがある。②高圧の場合は、普通型圧力ゲージの読み取り可能範囲が水位換算でメートル程度になるため観測精度が低下する。③広域・複数箇所を対象とする場合は観測インターバルが1～2時間となり、この間に発生した異常に迅速に対応できない。などの課題があった。

図3は、観測インターバルを1分間隔として計測した事例で、減水傾向の経時的な変化が明瞭に確認できる。また、監視装置によるデータ収集に要する時間は数分のため、広域・複数箇所の監視が必要な場合でも十分に対応可能であり、何時、何処で、誰がデータ収集を行っても、データの一貫性を保つことができる。

図4は、漏水観測期間中に減水傾向の変化が確認された事例である。減圧の予想ラインに対して観測値が急変（減圧傾向が増加）している状況を捉えており、観測インターバルをきめ細かくすることで、変状の有無やその発生時間を確実に押さえることが可能になった。

また、観測装置を使用すれば、移動中のパトロール車内や現場から離れた事務所・宿泊先からでも、データ収集によって異常の有無を確認できることから、充水後の路線踏査の必要性を判断する指標になるなど、管理労務の軽減にも繋がった。

このように、監視装置の漏水監視への適用は、施設の安全性評価における信頼性の向上や管理労務の軽減、さらに、試験結果の取りまとめを行う上で、有用な情報を提供するものであった。

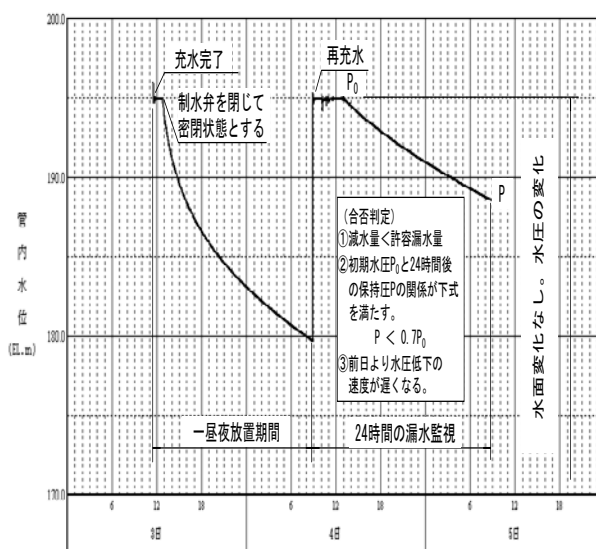


図3 管内水位の経時変化図

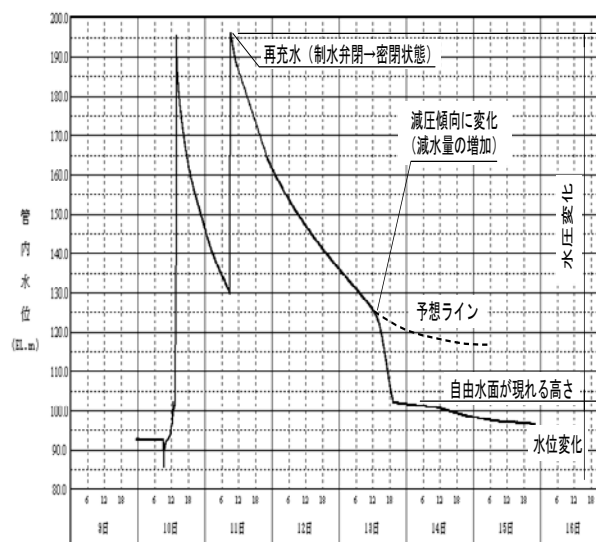


図4 減水傾向の変状を確認した事例

(3) 漏水箇所の特定³⁾

パイプラインの漏水は、目視確認ができる付帯施設内のものや、地表面に現れる規模のもの以外は発見が難しい。特に、大口径や敷設勾配が緩いパイプラインの場合は、減水量に対応する管内水位低下量が小さくなるため、アナログ式の普通型圧力ゲージの精度では、試験期間中の短期間に圧力変化が確認できず、異常の有無を見逃す場合もある。

以下は、普通型圧力ゲージでは水位低下が確認できなかった、口径 1200mm、延長 5.5km、かつ上流部の敷設勾配が比較的緩いパイプラインを対象に、監視装置を用いて漏水監視を行った事例である。

普通型圧力ゲージによる観測結果（図 5）に対して、監視装置による観測では、水位の観測精度の向上により、図 6 のとおり減水傾向が確認された。

付帯施設の点検や周辺踏査から異常は確認されなかったが、水位の低下傾向が続いたため、通常規定される期間を超えて継続監視を行った。水位低下が停止したのは 5 日後で、その後、再充水して監視を行ったが、当初と同じ水位で水位低下が停止した（図 7）。この結果を基に、水位低下の停止標高に該当する付近の管土工調査を行い、管体のたわみや継ぎ手の抜け出しなどの漏水要因を確認した。なお、当該地点の修理後に行った再試験で減水は確認されなくなった。

以上の結果から、監視装置の導入効果として、①遠方監視が可能のため少労力で長期観測にも容易に対応でき、②観測精度が比較的高いため水位低下の停止状況から、管体の異常個所の絞込みが可能であることを確認した。

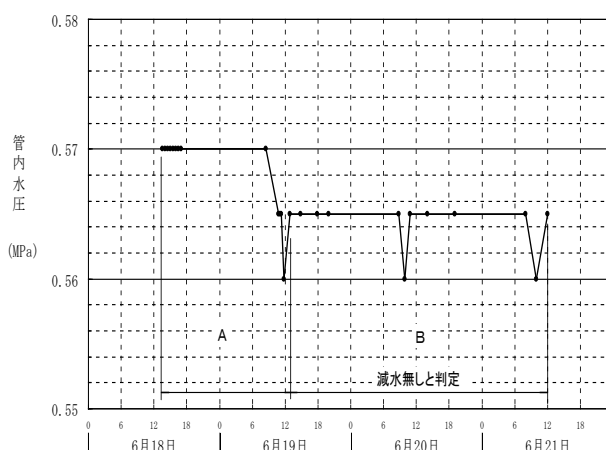


図 5 普通型圧力ゲージによる観測状況

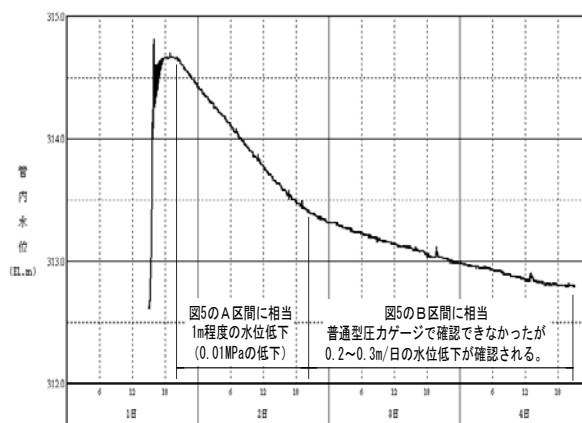


図 6 監視装置による観測状況

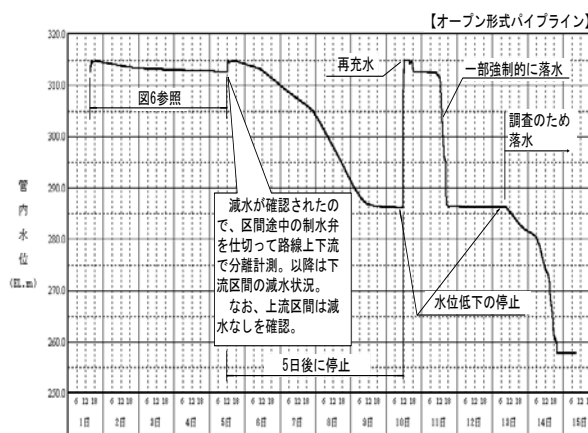


図 7 長期監視による漏水箇所の特定

4. おわりに

大規模・高圧化したパイプラインはその利便性の反面、漏水事故等が発生した場合の被害は甚大となる可能性が高く、施設の長期安定的な運用のためには、その安全性を確保していくことが必須である。特に、管理要員不足等の問題を抱える農業パイプラインの管理にあつては、現在一般に「水管理システム」として整備が進められている利水管理に対応した管理設備のほか、今後は施設の安全管理労務をサポートする管理機器等の整備により、安全管理体制を確立していくことが重要と思われる。

今回紹介した監視装置は、前述した使用効果から、通水試験だけでなく、供用開始後の施設管理への応用の可能性も示唆され、安全管理体制の一環を担う管理機器としての活用が期待できる。ただし、現時点の監視装置は、通水試験など比較的短期間の使用には十分対応可能だが、供用後の長期継続的な管理への適用にあたっては、以下に列記した課題への対応も必要である。

- ①電源の確保（ソーラーシステムの利用など）
- ②異常時の警報発信機能の付加（管理基準値の設定）
- ③機器を設置した弁室の水没等への対応（センサー類の防水対策など）
- ④通信費用の低減（パケット通信の利用など）

現在は、これらの課題への対応策を検討中であり、将来的には水管理システム整備の一環として組み込めるレベルへの改良を目指している。

最後に、本報告の作成にあたり、業務上並びに技術上の諸課題に対してご指導、ご協力いただきました、帯広開発建設部帯広農業事務所の関係者各位には、ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」基準書・技術書 平成10年3月
- 2) 北海道開発局農業水産部農業設計課：パイプライン施工マニュアル 平成4年10月（H12.11一部改定）
- 3) 帯広開発建設部帯広農業事務所：平成14年度施行 芽室地区 上美生系統通水試験業務報告書 平成14年3月
- 4) 農林水産省構造改善局総務課施設管理室：基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（パイプライン編） 平成7年1月