

北海道の水管理システムにおける IT の活用

—携帯電話通信技術を活用したパイプラインの安全管理—

*Utilization of Information Technology in Water Management System of Hokkaido
—The safe management of the pipeline using the mobile-phone—*

徳井 順[†] 西 恭二[†] 植屋 賢祐[†] 阿部 匡弘[†]
(Tokui Jun) (Nishi Kyoji) (UEYA Kensuke) (ABE Masahiro)

I. はじめに

近年の農業水利施設をみると、利水上の利便性・効率性の向上を主目的として施設を統合・合理化するなど、水利組織構成が大規模化する傾向にある。このため、ダムや頭首工以外の水利施設であっても高度な管理技術を要する施設が増加してきている。

大規模・高圧化した北海道の畑地かんがい用パイプラインもその一例であり、複雑化した施設の管理をサポートする手段として水管理システムが導入され、効率的で円滑な送配水管理（利水管理）を実現している。一方、大規模化したパイプラインの管理にあっては、有事における周辺への影響の大きさから、安全性に係わる管理の重要性も認識されている。

施設の安全性に係わる管理項目としては、①経年劣化の把握、②地震・集中豪雨などの自然災害時の安全性の確保、③充水・落水作業などの施設操作における安全性の確保などが挙げられる。しかし、パイプラインは施設のほとんどが地中構造物であり、施設状況や流況などの目視による確認が難しい。とくに、農業用パイプラインにあっては、管理要員確保の立場からも人的な対応のみでは限界があり、管理労務をサポートする体制の整備が重要と考えられる。

本報は、大規模・高圧化した畑地かんがい用パイプラインの通水試験を通してリアルタイムの管内水位（水圧）観測を実施した事例¹⁾を基に、パイプラインの安全管理について考察した。とくに、この観測に Information Technology (IT) の一手法として、携帯電話通信技術を活用することにより、パイプラインの安全かつ効率的な施設管理体制のあり方について検討を加えた。

II. 観測装置の概要

リアルタイムの管内水位情報の把握を目的とした観測装置の具備すべき条件は、①広範囲の観測に省労力で対応できる、②管内水位の測定精度が高い、③情報収集の確実性が保たれることである。さらに、将来的には、④管理センターなどで集中管理される水管理システムに組み込み可能なものである。これらの条件を制約するのは、主として通信回線と電源の確保であり、観測装置は現在一般にも広く普及している携帯電話通信技術を活用した機器構成とした。

観測装置のシステム構成は、図-1のとおりである。本システムは、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の通信装置、③現場側の電源装置、④データ収集や観測水圧から水位換算等を行う観測者側のモバイル端末（パソコン）と処理ソフトで構成される。

使用した圧力センサーの観測精度は 0.00013 MPa（水頭 0.013 m）である。また、観測インターバルはデータロガーにより 1 秒～1 時間まで任意に設定できるが、試験中の漏水による被害を最小限に抑えるためには、異常の早期検知と対応が重要である。とくに、対象が広域で移動に時間がかかる場合には、観測インターバルは数分

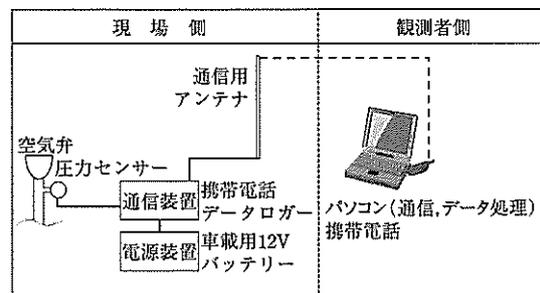


図-1 観測システムの構成図

¹⁾株式会社アルファ技研



パイプライン、水管理システム、IT、通水試験、漏水観測

程度以下が望ましい。電源に車載用バッテリーを使用している本システムの場合は、使用期間や電源容量を加味して1分程度のインターバルが適当である。この場合、連続2週間の観測が可能である。

III. ITを活用した通水試験の管理とその効果

国営かんがい排水事業（芽室地区）で造成された畑地かんがい用パイプラインの通水試験を、2003年5～11月に実施した。このとき、前述した観測システムを用いてリアルタイムで管内水位（水圧）を把握した。導入効果は、次の3点に要約される。

- ① 充水作業に際し充水速度の確認や異常の検知に有用な情報を提供することにより、作業の安全性が向上する。
- ② 観測のインターバルを密にしたきめ細かな管内水位の経時変化を広範囲かつ効率的に把握できるので、漏水試験中の変状への迅速な対応を可能にする。
- ③ 長期の遠方監視が省労力で可能となり、測定精度も高いので、比較的小規模の漏水個所の特定に活用できる。

1. 充水作業の管理

一般に、空の状態にある管路の水張り作業は、充水量（充水速度）を設計流量の1/5～1/10程度²⁾として、管路途中の制水弁で流量制御を行う方式がとられている。とくに、配水管路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。しかし、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ため制御精度の確保は非常に難しく、充水作業の安全管理上の課題であった。

これに対し、ITを活用した本システムは、携帯電話から現場の観測装置にアクセスしてデータを収集し、この水圧データを専用の処理ソフトを用いて水位に変換してグラフ描画できる。このことから、水張り作業中の充水位変化を高い精度で迅速に把握できるので、充水状況に応じた柔軟な充水速度の調整を可能にする。

図-2は、水張り作業中に管内水位の異常変動を検知した事例である。その後の調査により、施工時の空気弁保護キャップの取り忘れから、排気不良によりエアハンマーの発生が原因と判明した。エアハンマーとは、管路中の大きな空気の塊が抜けた時、空気が抜けてしまった領域に周囲の水が一瞬にして入り込み、衝撃を与える現象のことである。

このように、本システムを用いてリアルタイムで管内水位を把握することにより、充水作業中、任意の場所・時間に、充水速度のチェックや管内異常の検知が可能と

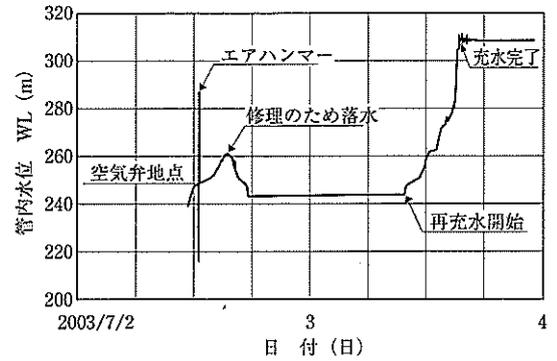


図-2 充水作業中におけるエアハンマーの発生状況

なり、充水作業の安全性の確保に役立つ。

2. 漏水観測

従来、水張り後の漏水観測には、定期的な巡回を通して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。しかし、アナログ式の圧力ゲージを使用する場合、①観測者間で生じるデータの読取り誤差が大きい、②高圧時には観測精度が著しく低下する、ことに加えて、③観測範囲・個所次第では密なインターバルでの観測が不可能である、ことなどがデメリットとして挙げられる。とくに、異常事態が発生した場合、発見・対応が迅速にできないことが従来の課題であった。

図-3は、観測インターバルを1分間隔で計測した事例である。試験水圧1.1 MPaの高圧条件下においても経時的な減水傾向が明瞭に確認され、減水量と許容漏水量との関係や、水位（水圧）の低下傾向を精度よく把握できた。また、本システムによるデータ収集に要する時間は数分程度であり、広域・複数個所の監視が必要な場合でも十分に対応可能である。このように、本システムを用いた観測では、測定時間・場所および測定者の違いにかかわらず、測定精度を一定に保つことができる。

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。点線で示した減水の予測ラインに対して観測値が急変（減水傾向が増加）している状況を捉え

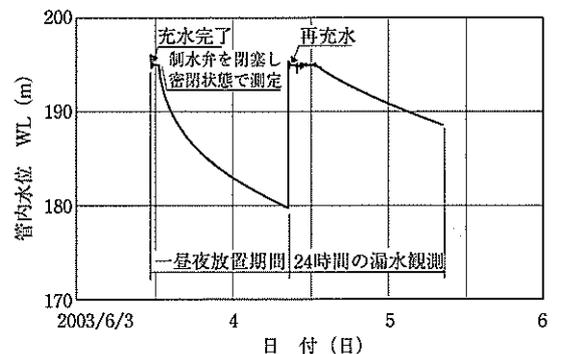


図-3 観測期間中における管内水位の経時変化

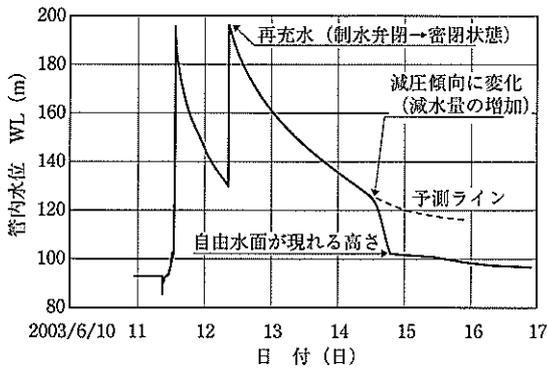


図-4 漏水観測期間中における減圧傾向の変化

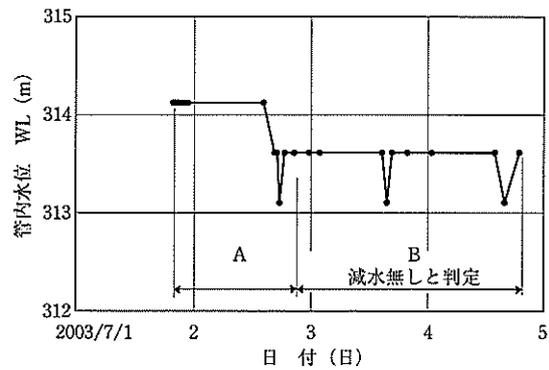


図-5 アナログ式の圧力ゲージによる観測 (目視観測, 数回/日)

ている。このように、観測インターバルを1分としたきめ細かな観測により、変状の有無やその発生時刻を把握することが可能になる。

さらに、本システムを使用すれば、移動中のパトロール車や現場から離れた事務所からでも異常の有無を確認できるなど、充水後の路線踏査の必要性を判断する指標として管理労務の軽減にもつながる。

以上のように、本システムの漏水観測への適用は、広域を対象とした通水試験の安全性と効率性の向上はもとより、施設の安全性評価の信頼性向上に関して有用な情報を提供するものとなる。

3. 漏水個所の特定

付帯施設内や地表面に水が出現するなど、目視により確認可能な場合を除いてパイプラインの漏水を発見することは難しい。とくに、大口径の場合に加えて布設勾配が 1° 以下(このとき、管の内径 D に対し管内の水面長は約 $60D$ になる)と比較的ゆるい場合には、減水時における管内水位の低下量は小さくなる。このため、アナログ式の圧力ゲージでは、試験期間中の短期間に水位(水圧)の変化(異常事態の発生)を発見することができない場合もある。

ここでは、比較的緩勾配のパイプライン(勾配 0.13° 、口径 1200 mm 、延長 5.5 km)を対象として、アナログ式の圧力ゲージと本システムによる同時漏水観測を実施した。

アナログ式の圧力ゲージによる観測結果(図-5)と比較して、本システムを用いた場合(図-6)には、測定精度の向上により明らかな減水傾向が確認された。このとき、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(水張り完了から一昼夜経過の後24時間)^{3,4)}に加えて、さらに観測を継続した。水位低下が停止したのは5日後で、その後の再充水による観測でも、当初と同じ水位で停止した(図-7)。

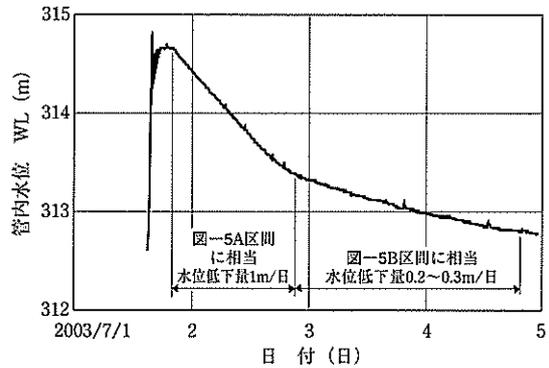


図-6 観測システムによる観測 (連続測定 1分インターバル)

そこで、水位低下の停止標高に該当する付近で管体工調査を実施したところ、管体のたわみや継ぎ手の抜け出しなどの漏水要因を最少の調査範囲で確認することができた。

以上から、本システムの導入効果として、①遠方からの監視が可能なこと、②測定精度が高いことに加えて、③長期の観測にも省労力で容易に対応できること、などを確認した。ここで、とくに着目すべきことは測定精度の高さであり、水位低下位置が具体的に把握できることにより異常個所の特定に役立てられた。

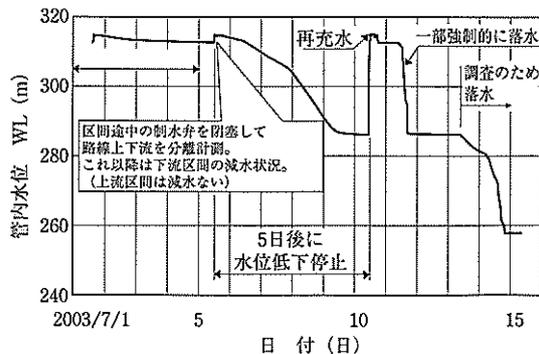


図-7 長期観測による管内水位の変化

IV. おわりに

現在、パイプラインの水管理機器として、水位計、流量計および水圧計などを設置することにより、円滑な送配水管理（利水管理）を主目的として水位、流量および水圧の情報を提供している。また、これらの機器・データはパイプラインの安全性に係わる管路の漏水調査等にも活用されている。一方、パイプラインの安全性に係る要素としては、地震などによる外力や弁・栓類操作に伴い発生する非定常的な水理現象として水撃圧が挙げられる。

さらに、平成15年に発生した「'03十勝沖地震」以降に検討されてきた耐震対策のうち、水管理システムにおける安全管理面の整備目標は未だ定まっていない。このため、非定常的な水理現象の観測を目的とした情報の提供手段の検討が急務となっている。本報で述べたように、非定常流況の観測を含めたパイプラインの安全管理に係わる情報提供の手段に、ITの一活用法として携帯電話通信技術を利用したリアルタイムの管内水位（水圧）の観測システムが有用である。

今後、水管理システムの性能規定化に向けて、パイプライン施設の安全管理に有用な情報の提供（「安全管理システム」の構築）が求められることとなるが、安全管理基準等の策定に係わる情報収集の一環として、今回使用した観測システムを用いて、以下の点について検証していく予定である。

- ① 弁・栓類の安全な操作時間の設定のため、排泥操作等に伴う水撃圧の発生状況を確認する。
- ② 給水栓の開閉操作など通常の施設利用で発生する水撃圧と、漏水など異常時に発生する水撃圧との区別化の可能性について検証する。
- ③ 複数の観測装置を用いて水撃波を同時観測することにより、水撃波の到達時間の差をもとにした異常発生位置の概定の可能性等について検証する。

本報の作成にあたり、多大なご指導とご協力をいただきました。北海道開発局帯広開発建設部帯広農業事務所には、ここに記して厚くお礼申し上げます。

参考・引用文献

- 1) 徳井 順・西 恭二・植屋賢祐・阿部匡弘：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—, 第52回農土学会北海道支部研究発表会講要, pp.14~19(2003)
- 2) 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）p.I-1(1995)
- 3) 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, pp.445~448(1998)
- 4) 北海道開発局農業水産部農業設計課：大規模畑地かんがい用パイプライン施工マニュアル, pp.163~165(1992, 2000 一部改定)

[2004.4.2. 受稿]

徳井 順



略 歴
1956年 北海道に生まれる
1979年 帯広畜産大学畜産学部農業工学科卒業
(株)アルファ技研入社
2002年 開発企画室長
現在に至る

西 恭二



1962年 北海道に生まれる
1985年 弘前大学農学部農業工学科卒業
(株)アルファ技研入社
2002年 システム開発室長
現在に至る

植屋 賢祐



1969年 北海道に生まれる
1992年 弘前大学農学部農業工学科卒業
(株)アルファ技研入社
2001年 開発企画室主任
現在に至る

阿部 匡弘



1978年 岩手県に生まれる
2001年 弘前大学農学部農業システム工学科卒業
(株)アルファ技研入社
開発企画室所属
現在に至る