

枝幸南部地区における 漏水箇所調査手法の適応性について

稚内開発建設部 農業開発課 ○高須賀 俊之
天野 淳
伊藤 定由.

枝幸南部地区における農業用管水路では、施設機能診断の事前調査での水張り試験により管水路からの漏水が推定されており、対象施設が小口径であり該当する延長が75.8kmにも及ぶことから、漏水箇所の特定が課題となっている。

小口径の漏水調査は事例も少ないことから、酪農専業地帯における地域条件を勘案した延長が大きい管水路における漏水箇所調査手法について、今後の調査実施に向けた適応性に係る比較検討を事例紹介する。

キーワード：パイプライン、漏水調査、相関法

1. はじめに

パイプラインは、開水路に比べて合理的な水配分が可能であることや、複雑な地形での路線選定が容易なことなどの利点から、かんがい施設への導入が進められてきた。一方で地中埋設物のため日常の点検がしにくいなどの短所があり機能保全の観点から課題もある。

特に漏水事故は通水機能自体が損なわれ、地域の営農に多大な損害を与える恐れがあるため、可能な限り漏水量の少ない初期段階で漏水箇所を迅速に特定することが望まれ、漏水箇所の調査について過去さまざまな手法が研究、実践されてきた。

数ある漏水箇所調査手法の適用条件と、対象とするパイプラインの規格や現地条件等を勘案して、最適な手法を選定することは農業用パイプラインの機能診断において重要な検討事項であると考えられる。

本報告では、漏水調査手法の特徴を整理したうえで、枝幸南部地区を一例とし、その適応性について紹介する。

2. 目的

枝幸南部地区においては、平成22年度から国営造成水利施設保全対策指導事業により用水施設等の機能診断を進めてきたところ、施設管理者からの聞き取りによりパイプラインの漏水の可能性が指摘された。

しかしながら地表面への浸潤などは発見されず、かんがい受益面積3,113ha、管水路延長75.8kmもの範囲で漏水箇所の特定することが必要となった。

そこで、丘陵地形の牧草地に小口径パイプラインが縦

横に埋設されている枝幸南部地区の現地条件を勘案し、適切で効率よく漏水箇所を発見するためにいかなる調査手法を用いるべきか検討し選定する。また、枝幸南部地区の現地条件で調査を実践することにより、新たな知見を獲得でき事例を蓄積して今後の機能診断の効率化に資する調査手法について検討する。

3. 対象施設

対象施設は国営総合農地開発事業「枝幸南部地区」(昭和55年～平成11年)で整備され、宗谷総合振興局管内の枝幸町南部及びオホーツク総合振興局管内の雄武町北部に位置するオホーツク海に面する酪農地帯において使用されている。

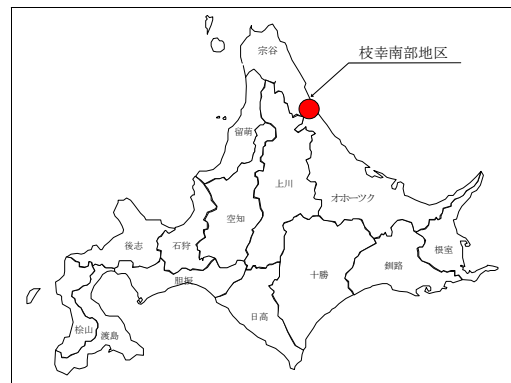


図-1 枝幸南部地区 位置図

当該事業は、未墾地の農地造成と既耕地を含めた

畑地かんがい及び排水改良を行い、経営規模の拡大と生産性の向上により、農業経営の安定化を図ることを目的として実施された。

枝幸南部地区では、風烈布取水施設(取水量58.56ℓ /s)及び幌内取水施設(取水量21.38 ℓ /s)から取水した用水を面積3,113haの農地へ配水する用水管路網が整備されている。ファームポンドより下流のパイプラインはφ250mm～40mmの小口径で、その多くが水道用硬質塩化ビニル管で構成されている。

表-1 枝幸南部地区のパイプライン

	延長	管種	管径
導水路 3条	28,271m	ダクタイル鑄鉄管	φ400、φ250
幹線配水路 9条	25,359m	硬質塩化ビニル管	φ250～φ100
支線配水路 26条	22,124m	硬質塩化ビニル管、ダクタイル鑄鉄	φ100～φ40

4. 調査手法

漏水調査手法について以下に概要とともに列挙する。

(1) 水張り試験

水張り試験は、当該区間に充水し、実施時間内の減水量が許容限度の範囲にあるかどうかを確認する試験である。水位低下の傾向が変化した箇所あるいは収束した箇所では漏水の存在が疑われる。

この試験は比較的安価であり、音聴棒以外の特殊な機器が必要ない点で有利であるが、漏水箇所の概定までしかできないこと、漏水箇所が複数ある場合の推定が難しいことがデメリットとして挙げられる。

(2) 音聴法

音聴法では管が埋設されている地上面、あるいは空気弁等の付帯工に対し調査機器をあてがい、漏水箇所から地上へ伝播する漏水音を聞き取る。その音の大小から、漏水箇所との距離を推定する方法である。1～2mの音聴棒によるものや舗装道路で行う路面音聴などが一般的である。

比較的経済性に優れるものの、人の聴力に左右され個人差が生じる余地がある。路面音聴法は土被りの浅い舗装道路下での調査に適応する。



写真-1 路面音聴調査状況

(3) 関連法

管路を伝播してくる漏水音(振動音)を、漏水箇所を挟む2つのセンサーでとらえ、漏水箇所から各センサーまで漏水音の時間差から漏水地点を発見する方法である。

関連法の中に検知対象とする音波振動の違いやセンサーの設置手法により、振動測定法(低周波)、多点関連法、AE法などが存在する。通常は、弁栓にセンサーを設置し、ケーブルを配線する(有線の場合)だけであるため、作業しやすい。ただし、センサーが漏水音を感知せず、センサー間距離を短くして測定を行う場合には、掘削を要する(管体を露出させる)。また、調査棒を地中に差し込み、管体に接触させた調査棒にセンサーを取り付ける手法もあり、この場合、地中レーダによる埋設管位置の調査、調査棒挿入孔の掘削を要する。測定に当たり、配管長、口径、配管材質など管路情報が必要となる。

(a) 振動測定法(低周波)

漏水の振動波のうち、減衰しにくい低周波帯域の加速度を複数のセンサーで検知・記録し、継続的に発生する振動波を抽出した上で、相互相関解析により、高い相関係数を持った振動波が到達する時間差を算定することで漏水地点を概定する手法である。

(b) 多点関連法

データロガ型センサー(1セット8個)で感知した漏水音をパソコン上で自動解析し、漏水音の相互関係から漏水地点を概定する方法である。

(c) AE法

AE法は「AE(アコースティックエミッション):材料が変形したり、き裂が発生したりする際に、材料が内部に蓄えていたひずみエネルギーを弾性波として放出する現象」を捉え、漏水位置を挟む2点でのAEの到達する時間差から漏水地点を概定する手法。AEは亀裂の進展だけではなく、気体や液体が漏洩する場合にも発生する。管種管径にとられないものの、長距離間の探査には向かず、調査にかかるコストが高い。



写真-2 関連式漏水探査機

(5) 振動測定法(高周波)

漏水候補地点に10m程度の間隔で調査孔を開けて調査棒を挿入し、調査棒にセンサーを接触させて漏水による超音波振動を直接捉える手法。高周波の増加が確認される地点を漏水位置と特定する。測定棒を挿入する為に削

孔する必要があり手間がかかる。

(6) トレーサーガス調査

管水路にトレーサーガスを管路内に注入し、漏水箇所から流出するガスを地表面で探査することによって漏水箇所を特定する。微量漏水や、他の手法では探知不可能な環境下での漏水調査に対して効果的な手法。トレーサーガスは高価であり、小口径(φ100mm以下)向きである。土被りに制約される。

(7) 地中レーダ法

漏水によって湿潤化した土壌をレーダ反射波で検出する方法である。解析画像から、漏水位置を特定する。手押し式の場合、人力で路面を押し歩いて測定するため作業が容易である。牽引式の場合、車両につないで走行するため、運転を要する。



写真-3 地中レーダ測定状況

(8) スマートボールシステム

管内に音響センサー等を内蔵するスマートボールを直接挿入、パイプラインの中を自由に移動しながら管内の音響データを収集・記録、センサーが漏水やエアポケットの箇所を直接通過することで高い感度で検知可能な手法である。スマートボールを管内に挿入するため、管径がφ150mm以上、管内圧力0.1~0.2Mpa、管内流速0.15~2.0m/sと適用範囲が限定される。また、調査にかかるコストが比較的高く経済性の面で不利といえる。

5. 振動測定法(低周波)の適用実績

平成20年度創設のストックマネジメント技術高度化事業では、施設の長寿命化のための機能保全計画の作成に当たって必要な診断、評価、対策工法などといったストックマネジメント技術を確認させることを目的とし、さまざまな技術手法について実践検証が行われている。

農業用パイプラインにおける漏水箇所の特定に関する技術についても、平成20年度に22件、平成21年度に9件の調査が実施されており、特に振動測定法(低周波)については、多くの事例が報告されている。表-2に振動測定法(低周波)の適用実績を管種管径とセンサー間距離の関

係について示す。

振動測定法(低周波)の技術に係る今後の課題としては、漏水音探知可能な範囲を把握するため、漏水音の減衰に関係が深いと考えられる管種、管径、漏水量、内水圧、調査距離(相関解析対象の2センサー間の距離)について、データが少ないため今後もデータを収集する必要がある。

特に樹脂系管路は漏水音が伝搬しにくいいため漏水位置の特定が困難と考えられるが、小口径管路では特定可能な場合もあった。より詳細に樹脂系管路に対する振動測定法(低周波)の適用を把握するためには、比較的漏水量の多い場合や、疑似漏水(排泥弁等を操作した人為的な漏水。既知の地点で漏水量を調整できる。)による試験調査でもデータを収集し、有用性を判断する必要がある。

表-2 振動測定法(低周波)の適用実績¹⁾

管種・管径	センサー間距離									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
樹脂系管	VP管 φ200mm			●375						
	FRPM管 φ700mm				●437					
鉄鋼系管	DCIP管 φ200mm		●197							
	DCIP管 φ250mm	●45	●140	●185	●241					
	DCIP管 φ400mm							●797		
	SP管 φ450mm						●590			
	SP管 φ700mm	●80								
	SP管 φ800mm									●975
	PC管 φ700mm	●33	●47							
コンクリート系管									●871	

●:漏水位置を概定した実績

6. 考察

枝幸南部地区のパイプラインの規格及び現地条件としては、漏水が疑われるファームポンド下流の配水路に限定すれば、主たる管種は樹脂製のVP(硬質塩化ビニル)管、管径はφ250~40mmと小口径である。また、現地は酪農地帯であり、管路の多くが牧草地に埋設されている。

これを踏まえ、各調査手法との適応を整理したものを表-3に示す。

7つの調査手法のうち、路面音聴法、地中レーダ法は、上部土地利用が舗装されていることが前提の調査手法であることから、主に牧草地となる本地区では適用不可能である。スマートボール調査は、対応する管径が150mm以上であるため、多くが150mm以下のパイプラインである本地区に用いることはできない。振動測定法(高周波)、トレーサーガス調査については、農業用パイプラインに対する過去の実績によると、その探査精度に限界があることが判明している。調査手法の高度化の観点からは、異なる条件下での更なる検証の余地があるといえる。

以上から、枝幸南部地区では水張り試験及び相関法による漏水箇所探査手法が適当であると判断した。

調査手法 規格・条件		水張り 試験	音聴法	相関法	振動 測定法	トレーサー ガス調査	地中 レーダ法	スマート ボール調査
調査 範囲		△ 縦断線形に よる制限あり	△ 土地利用に よる制限あり	△ 付帯工の間隔 による制限あり	○ 全線可能	○ 全線可能	△ 土地利用に よる制限あり	○ 全線可能
経済性		○ 250千円/1区 間	◎ 10千円/100m	○ 200千円 /100m	△ 150千円/1箇 所	△ 300千円 /100m	○ 18千円/100m	△ 800千円 /100m
口径	φ250mm ~40mm	○ 影響なし	○ 影響なし	◎ 小口径に通	○ 影響なし	○ 影響なし	○ 影響なし	× φ150mm以上
管種	主に VP管	○ 影響なし	○ 影響なし	△ 鋼製管に通	○ 影響なし	○ 影響なし	○ 影響なし	○ 影響なし
土かぶり	1.3m ~ 4.5m	○ 影響なし	△ 精度に影響	○ 影響なし	△ 深い管へ の測定棒 挿入に難	△ 精度に影響	○ 適用可能	○ 影響なし
付帯工 配置	最長 約600m	○ 制水弁の位置 が調査対象 間隔に影響	○ 影響なし	△ 100m程度	○ 影響なし	○ 影響なし	○ 影響なし	△ 800m以内推 奨
上部 土地 利用	主に 牧草地	○ 影響なし	× 舗装道路が 望ましい	○ 影響なし	○ 調査孔を削孔 可能なこと	○ 影響なし	× 舗装道路が 望ましい	○ 影響なし

表-3 枝幸南部地区への適応

平成 23 年度には漏水箇所を絞り込むため、水張り試験を実施し、漏水の可能性のある路線を絞り込んでいる。今後は相関法による漏水箇所の特定を行う予定である。

さらに、相関法のうち振動測定法(低周波)は農業用パイプラインにおける実績では樹脂製パイプでの事例が少なく、特に管径 200mm 以下の小口径パイプラインへの適用がこれまで報告されていない。枝幸南部地区の小口径樹脂製パイプラインにおいて振動測定法(低周波)による漏水調査を実施し、新たな事例を蓄積することは今後の機能診断の効率化に資すると考えられる。

また、多点相関法はセンサー(ロガー)により記録されたデータを解析する手法であるため、その調査記録を保存しておき、後年の調査データと比較することも可能であり、経年変化を明確に見だし異常の把握を行うことが出来る。仮に、広範囲(長区間)での探査が可能であることが判明すれば、比較的設置が容易な空気弁室等の管体露出部を利用した定期的な調査で、簡便で正確な機能診断技術を確立できる可能性も考えられる。

7. おわりに

枝幸南部地区の漏水調査は、平成 24 年度から詳細に漏水箇所を特定する予定である。その際には、目的をただ漏水箇所の発見のみにとどめるのではなく、調査手法の適用範囲、有効性の評価を十分に行い、今後のパイプラインの機能診断に役立つよう、事例として整理したい。

参考文献

- 1) 関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所保全技術センター：平成 21 年度ストックマネジメント技術高度化事業の成果及び今後の課題
- 2) 農業水利施設機能診断技術調整連絡会：施設機能診断調査マニュアル(調査編)