

農業用管水路（パイプライン）の 機能診断手法に関する検討 — 相関式漏水探査法の適応の検証 —

網走開発建設部 農業開発第1課

○五味慎太郎

齊藤 修一

荒川 潤

近年、国営造成水利施設保全対策指導事業による農業水利施設の機能診断が進められており、農業用管水路（パイプライン）についても、機能診断手法の確立に向けた検討がなされている。

埋設状態にある管水路の漏水状況の調査手法として、上水道施設で用いられている「相関式漏水探査手法」がある。この手法は上水道施設では実績があるものの、多種多様な管種で構成され、かつ埋設状況等が水道とは異なる農業用管水路への適応性については検証されていない。

そこで、農業用管水路で検証試験を行い、機能診断手法としての適応の可能性の評価を行った。

キーワード：機能診断、漏水調査、パイプライン

1. はじめに

パイプライン施設は、営農に欠くことのできない農業用水を搬送する基幹的な施設である。そのため、万が一管体の破断などによる漏水事故が発生すると、農業用水の取水が停止され、地域の営農に多大な損害を生じさせることとなる。また、大規模な漏水事故の場合は、例えば、周辺道路の交通に支障を生じさせるなどの甚大な社会的影響も懸念される。そのため、漏水量の少ない段階で、漏水の有無と発生箇所を特定し、大規模な事故が発生する前に対策を講じることが求められている。

また、漏水の初期段階で補修補強を行うことにより、施設のライフサイクルコストを低減させることにもつながる。

しかし、パイプライン施設は、土中に埋設されているため、地表面に水のしみ出し等の異常が生じるまで漏水を察知することが困難であるため、初期段階の漏水を発見し得る調査手法の確立が求められている。

2. 調査目的

今回、パイプラインの漏水を地表に異常が生じる前に発見でき、漏水箇所が特定できる調査手法として、「相関式漏水探査法」に着目した。この調査法は、管体を伝わる漏水音（低周波）を複数の調査地点で捉え、解析することによって、漏水の発生位置を特定するものである。

この調査手法は、近年、上水道施設での調査に用いられている実績を有するが、多種多様な管種で構成され、

上水道施設とは施設条件が異なる農業用パイプラインでの調査実績は少ない。そのため、実際の農業用パイプライン施設を使用して、様々な条件下での適応可能延長の検証試験を行うことにより、機能診断手法としての適用と発展性について考察を行う。

3. 調査方法

(1) 相関式漏水探査法の原理

相関式漏水探査法に用いる探査機器は、管路を伝わる漏水音を記録するセンサーと、それを解析する機器（パソコン）から構成される。



写真-1 相関式漏水探査機

漏水地点で発生した低周波は管路を伝わって、異なる2地点に設置されたセンサーに記録される。そのデータをパソコンに取り込み、波形を照合し伝達時間の差を計算する。これは、低周波の減衰が起りにくく遠くまで伝わる性質利用したものである。原理の概要を図-1に示

す。漏水が発する低周波は継続的に発生し、途切れることがない。2ヶ所の観測点で得られた波形の相関（類似）性は高速フーリエ変換で解析する。漏水音の伝播速度は管種・管径ごとに固有の値を持つため、センサーから漏水地点までの距離は(1)式で表すことができる。漏水の有無を判断する基準値は相関率68%以上とした。これはメーカーの実績に基づく機器の持つ仕様の値であり、任意で設定可能であるが、現時点では知見に乏しいため、仕様の値で判断することとした。

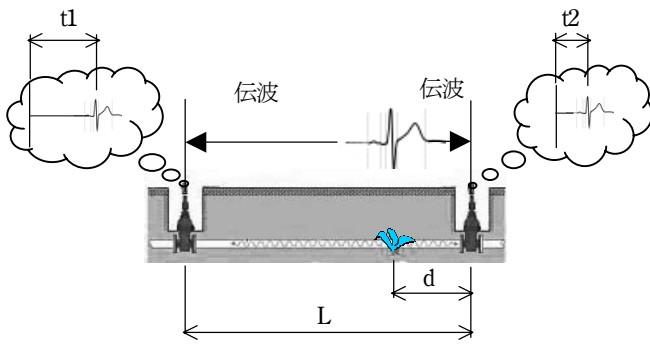


図-1 相関式漏水探査の原理

$$d = \frac{L - v \cdot \Delta t}{2} \quad (1)$$

ここで、v：伝播速度 Δt：到達時間 t1 と t2 の差

(2) 観測方法

相関式漏水探査機の心臓部であるセンサーは、加速度計、タイマー及びメモリで構成されており、操作はパソコンで行う。観測時には各センサーのメモリをリセットしタイマーをシンクロさせ、所定の位置に設置して観測を開始する。設置場所は、管体と一体的になっている空気弁、分水弁、制水弁及び排泥弁等である。図-2にセンサーの設置状況を示す。

現地では漏水の代わりに排泥弁を開放し、これを仮想の漏水に見立て開栓部前後でデータを収集し、仮想漏水地点での反応の有無を調査した。

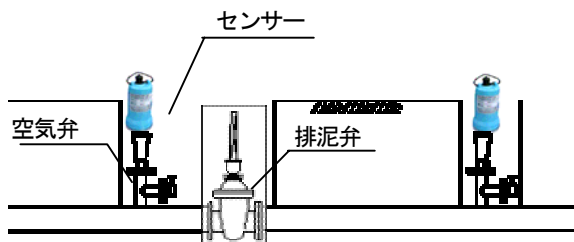


図-2 センサーの設置状況

観測回数は、排泥弁の操作により仮想の漏水を発生させた場合と発生させなかった場合の合計2回とした。

低周波は一般に減衰しにくく音のエネルギー（音の大きさ）の影響は少ないとされている。よって、仮想の漏水量については、排泥施設放流口から流水が確認できる少量で行った。また、排泥施設からの排水であるため、各調査地点での排水量は一定ではない。

(3) 調査計画

本調査は網走管内の畑地かんがい事業を実施した地区のパイプライン施設で実施した。地区内の施設を①管種、②管径、③曲点の有無で条件分けし、各パターン毎に相関式漏水探査機を用いて、測定可能延長の最大値を測定した（表-1）。

表-1 試験実施条件

条件①	条件②	条件③	備考
鋼製管	～φ300mm	曲線部(大)	
		直線部	
		曲線部(小)	
	φ300mm ～φ800mm	曲線部(大)	
		直線部	
		曲線部(小)	
樹脂製管	～φ300mm	直線部	
		曲線部(小)	
		曲線部(大)	
	φ300mm ～φ800mm	直線部	
		曲線部(小)	
		曲線部(大)	
鋼製管と樹脂製管の混在	～φ300mm	直線部	
		曲線部(小)	
		曲線部(大)	
	φ300mm ～φ800mm	直線部	
		曲線部(小)	
		曲線部(大)	
φ800mm～	曲線部(小)		

4. 調査結果

調査結果を表-2に示す。表中の最大延長は、相関率68%以上、かつ測定誤差（仮想漏水箇所と反応箇所の距離の誤差）が10%未満を満たす測定可能延長である。また、「-」で示した項は、最小の測定区間で相関率又は測定誤差の基準を満たせず測定が不可能又は漏水箇所特定の精度が悪かったヶ所を表すものであり、太字ゴシックで示した値は、条件毎の最大延長である。

なお、前述の条件③曲線部の有無については、直線部と曲線部とで明瞭な差異が生じなかったため、影響しないものと判断して、表からは除外した。

5. 考察

今回の調査結果から、1 つめの条件の管種については、明らかに鋼製管の反応が良く、1000m程度まで測定が可能との結果となったが、樹脂製管、混在管では、一部調査区間 500mから 800m程度で漏水位置を確認できたものの、センサーの設置可能な空気弁等の調査区間延長の最低となる 400m程度でも確認できなかったケースが多くばらつきが大きい結果となった。

2 つめの条件である口径別については図-3 に示すように各管種ともに小口径、大口径の反応の傾向はみられず、樹脂管では少々ではあるが小口径のほうが反応が見られる。

これは、管種毎の伝播速度に起因していると考えられ DCIP ϕ 200 で 1245m/s, VP で 520m/s, FRPM で 627m/s となっており鋼製管と樹脂製管では倍程度の違いがある。この差が反応の差となっているものとする。

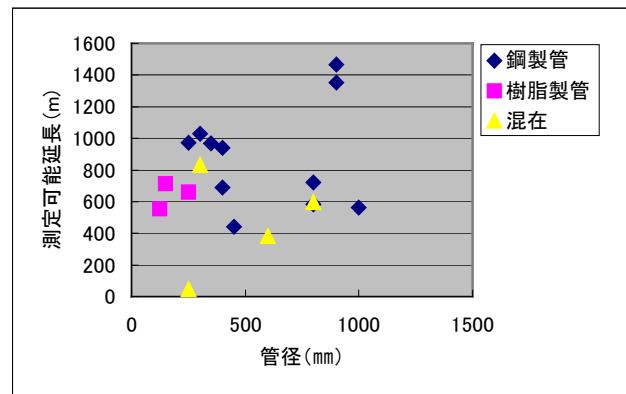


図-3 管種別の関係と測定延長の関係

管種による明らかな違いは確認できたが、調査結果からは、その他の条件の違い、配置位置、地形、曲管、口径より、周辺の雑音（生活音や車の走行音等）の違いが

表-2 結果一覧

条件①	条件②	管種	管径 (mm)	最大延長 (m)	相関率 (%)	測定誤差 (%)	備考
鋼製管	～ ϕ 300 mm	DCIP	ϕ 250	973	90.4	0.9	
		DCIP	ϕ 450	440	76.9	1.4	
			ϕ 400	690	74.7	5.6	
			ϕ 400	941	88.7	0.8	
			ϕ 350	969	85.9	1.0	
			ϕ 300	-	-	-	-
	DCIP	ϕ 300	1028	88.4	0.3		
	ϕ 800 mm～	DCIP	ϕ 1000	565	76.1	4.3	
		DCIP	ϕ 900	1466	85.8	0.1	
		DCIP	ϕ 900	1351	80.7	0.4	
DCIP		ϕ 800	719	86.4	1.5		
樹脂製管	～ ϕ 300 mm	VP	ϕ 250～300	661	69.8	9.3	
		VP	ϕ 150～300	713	70.3	4.8	
		VP	ϕ 125～250	555	96.5	0.5	
		VP	ϕ 100	-	-	-	
	ϕ 300～800 mm	VP	ϕ 300	-	-	-	
		VP	ϕ 300	-	-	-	
		VP	ϕ 300	-	-	-	
鋼製管と樹脂製管の混在	～ ϕ 300 mm	DCIP, VP	ϕ 250～400	-	-	-	
		DCIP, VP	ϕ 250～300	46	86.8	9.4	
		DCIP, VP	ϕ 200～300	-	-	-	
		DCIP, VP	ϕ 250	-	-	-	
		DCIP, VP	ϕ 150	-	-	-	
	ϕ 300～800 mm	DCIP, FRPM	ϕ 700	-	-	-	
		DCIP, FRPM	ϕ 600	380	71.3	5.5	
		DCIP, VP	ϕ 300	-	-	-	
		DCIP, VP	ϕ 250～300	832	69.9	3.4	
	ϕ 800 mm～	DCIP, FRPM	ϕ 800	596	73.2	5.0	

反応の差になっていると考えられる。

また、今回の調査では排泥弁を操作することにより、仮想の漏水を発生させたため、水量の調整が困難であることから、排水量の測定可能延長への影響については考慮していなかったが、試験的に排水量の測定が可能な任意の箇所排水量を変化させて測定を行った結果を表-3に示す。この結果から、排水量が測定結果に大きく影響を及ぼしていることが明らかになった。しかし、今回調査の仮想の漏水では排泥枘への排水音が測定結果に大きく影響した可能性があり、排水量の差による違いが明確ではない。

表-3 排水量の及ぼす影響

管径 (mm)	管種	排水量 (l/min)	最大延長 (m)
φ 900	DCIP	124	511
		280	1350
		933	2143

6. 今後の検討内容について

今回の結果より、鋼製管については、1000m程度までは本調査法により漏水位置の特定が可能であると推測されるが、樹脂製管と混在区間については、調査結果のばらつきが大きく、調査可能延長を得ることができなかった。前述のように、本調査では仮想の漏水を発生させて調査を行っており、排泥枘への排水音等の本物の漏水との差異が調査結果に影響している可能性が考えられる。そのため、今後は、実際の漏水に近い疑似漏水を発生させられる施設で漏水量の大小も含めた調査を行い、今回の調査結果を再検証することにより、実際の漏水調査への適応性を確認する予定である。

また、周囲の騒音などの阻害要因の大小が調査結果に与える影響を検証するために、比較的騒音の少ない夜間の観測を実施する予定である。

また、相関式漏水探査法の観測方法の一つである非接触手法に着目し、現地での検証試験を行う予定である。非接触手法とは、写真-2に示すように、管水路の直上に金属の調査棒を貫入させ、調査棒にセンサーを設置して観測を行うことにより、観測区間を任意に設定する方法である。樹脂製管などの観測可能延長の短い管水路で、センサーを設置する空気弁等の付帯構造物の配置間隔が調査可能延長よりも広い場合でも、非接触手法を用いることにより漏水探査が可能となることが期待される。



写真-2 非接触手法

7. おわりに

今回の調査では、測定可能延長は管種によって大きな差が生じること、周囲の雑音の状況に左右される可能性があることが明らかとなった。また、鋼製管においては1000m程度までは反応が確認されたことから、農業用管水路における有効な漏水調査手法として適応できる可能性はあると思われる。今回得られた知見を次年度以降の調査計画に反映させ、機能診断技術としての実用性の検討を進めていきたいと考える。

参考文献

- 1) 西條敏美著 「物理学史断章」第6章
- 2) F.S.Crawford著 「パークレー物理学コース3 波動」
- 3) ニュートン著 「自然科学の数学的原理」第8章