

## 研究成果報告書

研究課題名	老朽化管の調査診断技術
研究開発組合代表者名	株式会社 ダイヤコンサルタント

### 1. 研究目的

農業用管水路として敷設され老朽化が進行しているコンクリート管、PC 管、FRPM 管などの管体破損事故が各地で発生している。本技術開発事業では、これら老朽化管体の管体破損事故を未然に防止することを目標として、管内からの調査診断手法を開発し、管体の劣化診断を行うことを目的とする。

特に、PC 鋼線でコンクリートを補強している複合管構造を有すプレストレストコンクリート管(PC 管特にローラ転圧成形管)については、従前の調査技術では、十分な精度での診断が困難で健全性を判断することができなかった。本事業では、PC 管特有の構造型式に適合する診断技術を開発した。具体的には予防保全診断技術として、PC 鋼線の発錆・破断状況を電磁誘導法により診断する手法である。

### 2. 研究課題と研究成果

研究課題と研究成果は、表－1の対比表に示す。

**表－1 研究課題と研究成果との対比**

研究課題と成果	目標とする内容	研究成果
①老朽化管体の損傷事例の収集	協会及び農政局などへのヒアリングから損傷事例集を作成し、損傷要因を検討する。	損傷事例として 12 例を収集し、損傷要因の推定を行った。
②管体の構造情報の入手	各管協会へのヒアリング及び公開カタログなどから、診断に必要な構造情報を入手する。	構造情報や設計基準・規格変遷などを収集した。
③ PC 管の劣化診断手法の確立	電磁誘導法に基づく劣化診断技術を確立する。	電磁誘導法による診断技術を確立させた。
④半自動点検車の開発	既存の導水路用点検車の改善・改良を行い、円形管水路に特化させた点検車を開発する。	マンホール(空気弁)からの入管と管水路内での組立や走向性能などに考慮し、円形管水路に特化した点検車として新たに設計・開発・作製を行った。
⑤老朽化管の診断評価技術指針の策定	PC 管に関する診断評価マニュアル(暫定)案を策定する。	PC 管については、電磁誘導法による診断技術指針を策定した。
⑥機能監視(点検車の機能確認実験)	作製した点検車の機能確認実験を行う。策定した診断評価技術の現場適用性を確認する。	試験研究機関の現場で性能を確認し、実用段階とした。診断評価技術を現場で試行した。

### 3. 従来技術との比較

従来の管内からの点検技術としては、目視観察しかないことから、既存技術との比較としてはこれらの点検手法との対比を表－2に示す。

表-2 既存技術との比較

項目	老朽化診断技術	目視観察
適応性	ロール転圧 PC 管 (電磁誘導法を適応) ただし、遠心力成形管は現時点での診断は難しい	RC 管、FRPM 管、PC 管の内面損傷の把握のみは可能、予防保全診断は不可
	◎ <sub>1</sub>	○ <sub>1</sub>
施工性	10 管 (40m) ほぼ 1 日の断水	10 管 (40m) 半日の断水
	○ <sub>2</sub>	◎ <sub>2</sub>
診断技術の妥当性	外面 (PC 鋼線) の健全性を評価し、予防保全が可能	あくまで内面に現れた損傷の把握のみ
	◎ <sub>1</sub>	○ <sub>1</sub>
点検診断費用	10 管当たり	10 管当たり
	○ <sub>2</sub>	◎ <sub>2</sub>
総合評価 (LCC)	今後の計画的な維持管理への適応性が期待できる	定量評価がしにくく、内面損傷のみで部材の予防保全に適合性を欠く
	◎ <sub>1</sub>	○ <sub>1</sub>

凡例

- ◎<sub>1</sub>: 個人誤差が少なく定量化できる、予防保全が可能である。
- ◎<sub>2</sub>: 費用が比較的廉価で、処理能力が高い。
- <sub>1</sub>: 定量化しにくく技術者の判断に依存しやすく、予防保全ができない。
- <sub>2</sub>: 処理能力が低く費用が掛かる。

#### 4. 研究成果

研究成果の概要は、以下に記述する。

##### 4.1 損傷事例収集と損傷要因の推定

事例集では、管理者、幹線名・場所(位置図)、管種・管径や破損箇所の概要及び調査結果、事後分析などをとりまとめた。(補足資料1)

事例集から推定される損傷要因の比率は図-1 に示す。管体の健全性の診断としては、荷重増加による内面のクラックの有無や、侵食性地下水によるカバーコートの薄肉化と PC 鋼線の発錆や破損の有無を確認することが必要と考えられた。

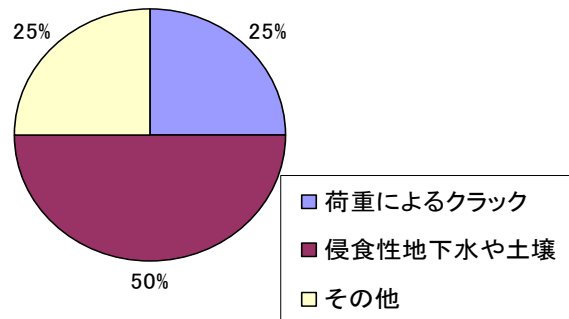


図-1 推定される要因の比率

##### 4.2 管の構造情報の収集とまとめ

PC 管、RC 管、FRPM 管の各管協会へのヒアリング及び公開カタログなどから、診断に必要な構造情報を入手した。

PC 管については、製造方式がメーカーごとに異なっており、それぞれの製造法によって設計コア厚や内部の配筋内容などに相違があるため、PC 管の劣化診断に対して重要な情報となる。

##### 4.3 管体の劣化診断技術の構築

PC 管の劣化診断技術の構築

PC 管の劣化診断技術としては、経年変化に伴い地下水や土壌からの侵食性物質による外的侵食が劣化要因として重視されていることから、カバーコート部の薄肉化に伴う PC 鋼線の発錆・破損の有無を診断する方法とした。

PC 鋼線の発錆・鋼線破断の有無については、分離型センサ(励磁コイルと検出コイル)により、PC 鋼線の発錆や鋼線破断の有無を診断する。PC 管での電磁誘導法による基礎実験は、製品管(鋼線が健全である)と劣化管(鋼線が切断されている)について実施した。

PC 管の基礎実験での結果は、図-2 に示す。製品管では出力電圧の変化が少なく、鋼線は健全であることが確認できるが、劣化管(鋼線 3 本が切断されている)では明らかに出力電圧の変化が生じている。これらのデータから、電磁誘導法で PC 鋼線の破断の有無は確認できると考えられた。

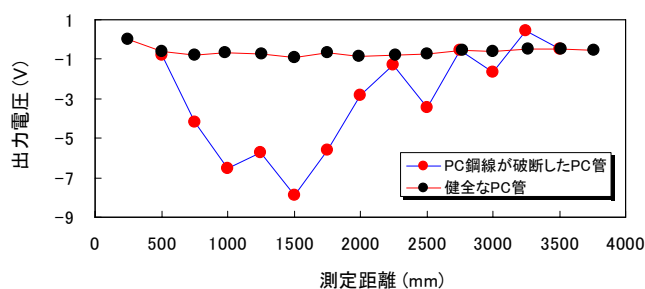


図-2 基礎実験での検証

#### 4. 4 半自動点検車の開発と機能監視

既存の導水路点検車を大幅に改良・改善し、管水路の管内走行用として半自動点検車を開発した。本開発機器の要求する性能と成果は表-3の内容とした。性能確認実験の状況は、写真-1に示す。

表-3 半自動点検車の要求性能と成果

要求性能	目標	成果
対象とする管径	φ 1,000mm	φ 1,000mm の管で走行を確認。
直進安定性	円弧状の管内での安定走行	試験研究機関の現場にて確認
段差	漏水防止バンドの段差(3cm)の乗り越え	試験研究機関の現場における漏水防止バンドの区間で確認
傾斜	傾斜角 5 度(駆動モーターの性能)の確認	試験研究機関の現場における傾斜角 5 度程度の区間で確認
残水及び付着物(泥質物)	残水位 5cm 泥質物上の走行	試験研究機関の現場における泥質物が付着した区間で確認
管内への搬入	φ 800mm の人孔からの搬入	試験研究機関の現場にて確認



試験研究機関の埋設管による性能確認



漏水防止バンドの乗り越え性能確認状況

写真-1 性能確認実験の確認状況

#### 4. 5 老朽化管の診断評価技術指針の策定

老朽化管体の診断評価指針としては、電磁誘導法による PC 鋼線の発錆・破断測定に着目した劣化度の診断評価技術を試験研究機関とともに策定した。

策定した劣化度判定の指針は、「PC 管本体の劣化に関する調査・診断マニュアル(案)」(独立行政法人水資源機構 平成 20 年 2 月 発刊)にとりまとめられている。

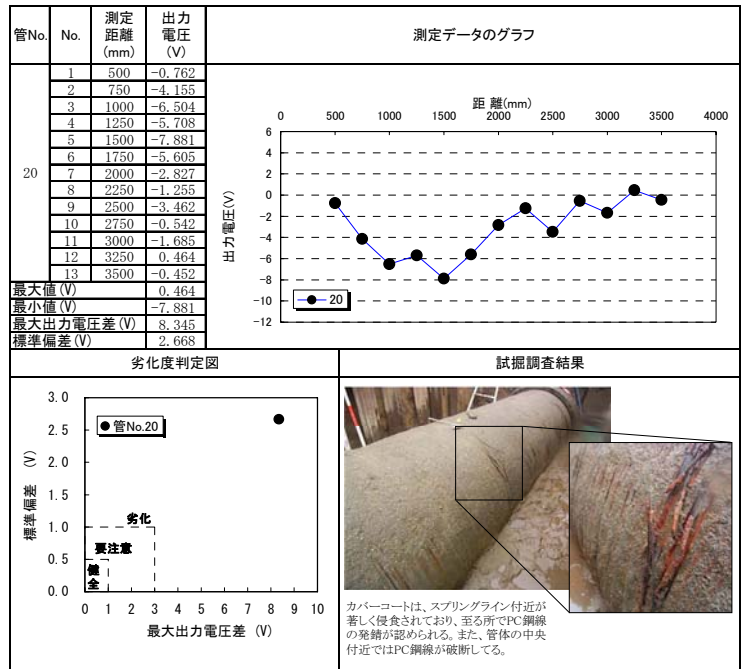
#### 4. 6 機能監視

##### 1) 診断評価技術の現場適用試験

現場適用試験としては、試験研究機関の木曾川左岸幹線の現場にて試掘調査に基づき診断評価技術を検証した。

検証は、あらかじめ管内で診断を行い、次に対象管の試掘により、電磁誘導法の結果を検証した。検証結果は表-4に示す。

表-4 電磁誘導法の検証結果



2) 現場適用試験の課題

本技術開発の現場適用実験からの課題は以下に示す。

今後とも診断技術の精度向上努力としては、電磁誘導法の現場試掘による検証データの蓄積が評価上重要となると考えられる。

特に、劣化と健全部の間にある中間域については、PC 鋼線の発錆状態を示しているが、評価基準の区分分け(物性値の区分)に伴うしきい値の確からしさについても今後見直しが必要となるものと考えられる。なお、電磁誘導法の現場作業面では、測定時のセンサ保持・操作方法の改良や機材を非磁性材料にするなどの工夫で磁場の乱れを極力少なくし、取得データの品質を確保する努力が必要といえる。

これからの老朽化管の管内診断技術では、複数の診断技術に基づく「複合型の診断」が重要となると想定され、1 つの手法の限界や診断すべき対象物理量の異なる手法の導入によりカバーできる領域を増やすことにより、総合的に診断することが重要と認識される。

5. 普及活動状況等

5.1 執筆及び普及活動

論文: 4編 (投稿中を含む)

シンポジウム及び研究発表: 2編

ポスター発表及び講演: 3回

5.2 今後の普及活動方針

- ① 「診断技術の技術資料」を作成し、農林水産省の各農政局及び土地改良調査管理事務所などへの継続的な技術紹介活動を行う。
- ② 農業農村工学会への継続的な年次発表の実施。
- ③ 管協会や補修・補強対策関連協会などへの技術紹介。
- ④ 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所との管診断に係わる技術開発連携活動を推進する。
- ⑤ 組合会社での「診断技術の技術資料」に基づくホームページの充実を図る。
- ⑥ スtockマネジメント高度化事業における管水路診断技術の対応技術として PR 活動を推進する。

## 6. 試験研究機関(農工研)総括者による意見・評価等

項目	評価結果	備考
研究計画の効率性・妥当性	A	老朽管の健全性評価を非破壊で効率的に調査することをターゲットとしており、基本技術の開発と精度確認から現地適用による実証的検証までがバランスよく計画されている。
目標の達成度	A	開発すべき技術のプロトタイプは、達成されており、総合的な達成目標についても十分なレベルに達している。
研究成果の普及可能性	A	非破壊調査によって評価できなかった管の老朽度を診断できる意味は、重要である。更新の優先順位や必要性を分類する上では、重要な技術で、十分普及に値するレベルに仕上がっている。
研究成果の出来栄	B	調査結果を用いた管の老朽度診断と更新の必要性の判断を実施する根拠となる図やチャートなどの記述については、検討の余地がある。
<p>総合コメント</p> <p>老朽管の健全性評価を非破壊で効率的に調査することは、今後の施設更新を進める事業にとって重要な課題である。老朽化の進んだ施設を破損前に施設更新を実施し、事業全体の効率的な運用を確実なものとするためには、調査診断技術は必要不可欠なものである。その意味で、適時の技術であるとともに、事業コストの縮減と災害防止にも大いに貢献することができる。</p> <p>総合診断技術については、今後のブラッシュアップが残されているが、多くの事例を蓄積しながら現場に適合した診断指標を策定することが必要である。</p>		

## 7. 研究総括者による自己評価

項目	評価結果	備考
研究計画の効率性・妥当性	A	効率的な研究活動を行った。研究の計画や方針も現場の検証結果からみて大きくずれてはならず妥当性があると判断したため。
目標の達成度	B	PC管の劣化診断のうちカバーコート部の薄肉化を推定する診断技術について十分な精度向上が確保できなかったため。
研究成果の普及可能性	A	PC管の漏水事故や管体の損傷・破損事故が毎年のように発生している背景や社会的影響度が大きいことから、今後の普及可能性は高いと判断できるため。
研究成果の出来栄	B	図表を効果的に使った表現が十分にできていないため。
<p>総合コメント</p> <p>「老朽化管の調査診断技術の開発」として研究開発を開始したが、具体的な製造情報や開示可能な情報も多くはなく、老朽化の程度も様々あると共に、特殊な管製造法に起因した特有の条件をすべてクリアさせる診断技術の開発の困難さを肌で感じた。その中で、顕在化した事故例の多いPC管の診断技術を少しでも可能としたことの意味は大きいと判断している。</p> <p>延長距離が膨大な管水路の診断においては、劣化箇所の手前スクリーニング技術や非灌漑期・灌漑期を通して実施できる技術の開発も極めて重要であり、管水路の老朽化診断技術の構築には、産官学をあげての取り組みがなされることが必要と認識される。</p>		