

## 電磁波レーダ探査法と電磁誘導法によるPC管の調査方法

### The investigation method of PC pipe using ground penetrating radar and electromagnetic induction

○田村英介\*・阿部耕三\*・永易風花\*・小泉和広\*\*・永野賢司\*\*

TAMURA Eisuke・ABE Kozo・NAGAYASU Fuka・KOIZUMI Kazuhiro・NAGANO Kenji

#### 1. はじめに

管水路におけるPC管のカバーコートの中酸化(減肉含む)や円周方向PC鋼線の発錆・破断など、PC管の外周部の劣化に起因した破損・破裂事故を未然に防止するため、(独)水資源機構では、非破壊調査の超音波探査法と電磁誘導法を組み合わせた調査診断手法<sup>1)</sup>を適用している。しかし、地中に布設された長大なPC管の全てを調査するのは時間とコストの問題から困難なため、現状は定点調査で診断している。以上の背景から、近年効率的に管内から非破壊調査で劣化PC管を抽出できる電磁波レーダ探査法が開発され、その適用性が検証<sup>2)</sup>されている。

本件は、水資源機構香川用水高瀬支線(以下高瀬支線)のトンネル内布設PC管の本体破裂による漏水事案を鑑みて、復旧工事までの短期間と同じ布設環境にあるPC管(約700m:181管)を対象に、電磁波レーダ探査法と電磁誘導法を適用し、全てのPC管の調査診断を実施した事例について報告する。

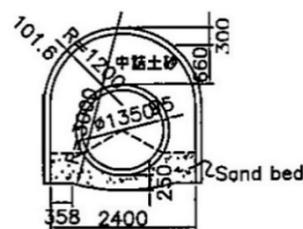


図-1 PC管布設状況

#### 2. 導水路トンネルに布設されたPC管の劣化

##### (1) 布設状況

高瀬支線には水路トンネル内にPC管を布設した区間がある。PC管とトンネルとの空間を砂で充填(図-1)している。水路トンネルは、未覆工で岩盤(花崗岩)が露出し、その表面は地表に降った弱酸性の雨水(pH5~7)が花崗岩の亀裂に浸透し、汚染している状態が確認される(写真-1)。

##### (2) 劣化要因の推定

破裂したPC管は、うけ口管頂付近のカバーコートが中酸化しており、円周方向PC鋼線の発錆・破断により内圧に耐えられずに破裂している。また、破裂したPC管の前後の管体は健全な状態が確認された。

カバーコートの劣化(中酸化)要因は、水路トンネル内の岩盤表面の水酸化鉄により褐色に汚染されている状況から判断すると、浸透水は弱酸性~酸性の水と考えられ、その浸透水が経年的に繰返しカバーコートに浸透して中酸化したものと推察される。

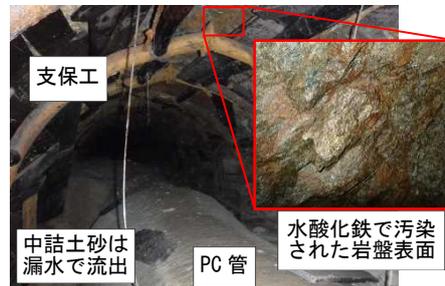


写真-1 導水路トンネル内の状況

#### 3. 従来の診断における課題と調査診断方法の検討

導水路トンネル天端の岩盤の亀裂からの浸透水がPC管の劣化要因とすると、水路トンネル内に布設(約700m:181管)されたPC管路において劣化PC管を特定するためには、定点で調査する従来の非破壊調査(超音波法や電磁誘導法)では日当たり作業量が8管であり、調査・診断に20日以上を要し、さらに補強対策まで含めると通水再開までに長期間を要することが緊急的に対策を講じる必要があった本事象の課題であった。そこで、カバーコートが劣化したPC管を効率的(日当たり作業量500m/125本の実績)に特定できる電磁波レーダ探査法を適用し、異常が確認されたPC管を対象に電磁誘導法で円周方向PC鋼線の発錆・破断から劣化診断を行うことにした。また、電磁波レーダ探査法の測線は、破裂したPC管の劣化事象から管頂1測線とした。

\* (独)水資源機構香川用水管理所, \*\* (株)ダイヤコンサルタント, \* Japan Water Agency, \*\* Dia Consultants Company  
二次製品, プレストレストコンクリート管(PC管), 管理, 非破壊調査, 劣化診断

#### 4. 電磁波レーダ探査法による劣化 PC 管の選定

電磁波レーダ探査法の測定状況例は写真-2に示す。また、レーダ記録断面図の例を図-2に示す。同図から、PC管とSP管及び止水バンド等からの信号が明瞭に確認される。カバーコートの劣化が懸念される異常信号（カバーコートの減肉や剥離からの信号）により8管が特定された。



写真-2 電磁波レーダ探査測定状況

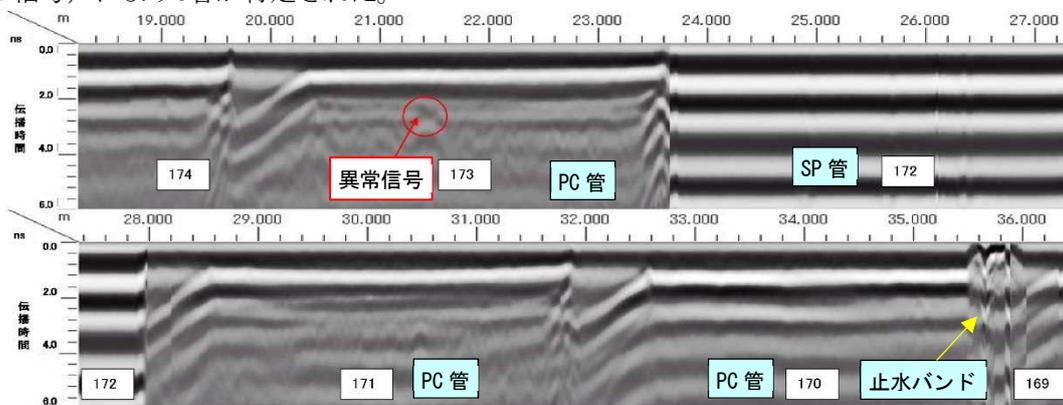


図-2 レーダ記録断面図の例

#### 5. 電磁誘導法による円周方向 PC 鋼線の発錆・破断調査と劣化診断

電磁誘導法による円周方向PC鋼線の発錆・破断測定は、電磁波レーダ探査法で選定されたPC管（8管）と過去にカバーコートの劣化が確認された管体周辺の2管を加えた10管を対象に実施した。電磁誘導法の測定結果は図-3に示し、診断結果を図-4に示す。電磁誘導法は、円周方向PC鋼線が発錆していると出力電圧バラツキ（標準偏差）、破断していると出力電圧値が大きく変動（最大出力電圧差）する特徴に基づいて調査診断を行ったところ、5管が「要注意」と診断された（図-4）。さらに、最大出電圧差の大きい図-3に対応するPC管のレーダ記録断面図（方向を合わせるため左右反転）を図-5に示す。両図から、電磁波レーダ探査法の異常信号と電磁誘導法の最大出力電圧差の変動位置が合致し、両手法の相関性が確認できる。

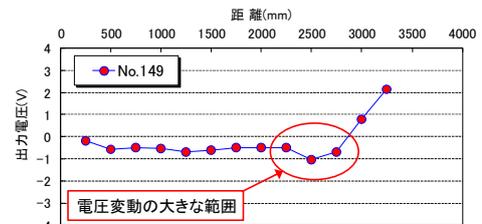


図-3 電磁誘導法の測定結果

#### 6. 補強対策

予防保全対策として、「要注意」と診断された5管については、SUS巻鋼管と内面バンドによるSUS巻込み鋼管工法で補修した。

#### 7. おわりに

電磁波レーダ探査法と電磁誘導法による複合調査を適用し、短期間（実測定2日間）で約700m、181管の非破壊調査による劣化診断を実施し、電磁波レーダ探査法による概略調査（劣化PC管の選定）の有効性が確認された。今後は、電磁波レーダ探査法による概略調査の適用によって、PC管水路のストックマネジメント調査・診断の効率化が図られるものと考えられる。

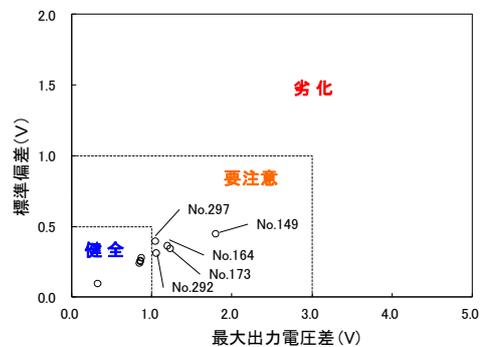


図-4 電磁誘導法の診断結果

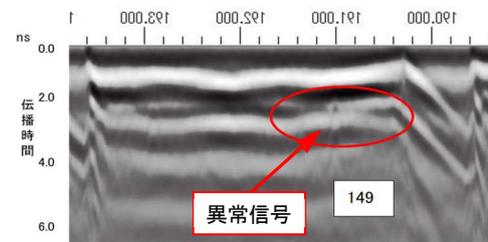


図-5 管 No. 149 のレーダ記録断面図

#### 引用文献

- 1) (独) 水資源機構：PC管本体の劣化に関する調査・診断マニュアル（案）【平成24年度版】，（2013）
- 2) PC管の劣化診断のための電磁波レーダ探査法の現地適用性，水土の知，86(6)，pp.19～22（2018）