

# PC管本体の劣化に関する 調査・診断の手法



独立行政法人水資源機構

# I はじめに

平成5年9月、水資源機構(以下「機構」という。)では初めて、管本体が破裂し、出水するという事態が発生しました。これは、昭和42年に製造・埋設されたPC(コア式プレストレストコンクリート)管によるものでした。

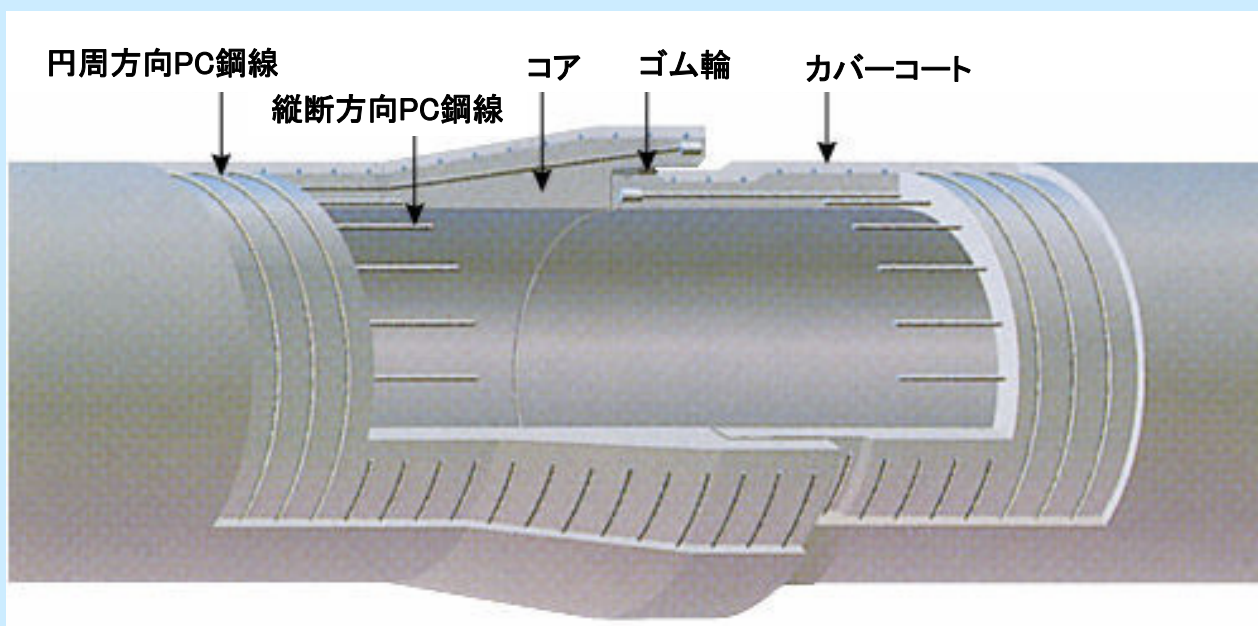
機構が直接管理するPC管は12事業で約111kmに及びますが、機構施設及び支線等関連土地改良施設においてPC管本体が破裂し出水する事例は、平成21年2月までに4事業で8件ありました。

PC管には、内圧(静水圧+水撃圧)と外圧(土圧や自動車荷重等)が作用しており、管本体が破裂すると、送水への影響だけでなく周辺地域への浸水被害、土地の陥没など、多大な影響が危惧されます。そこで、機構では、PC管本体の破裂による出水を未然に防ぐため、管本体の劣化度を総合的に診断する手法を本資料にとりまとめました。

今後は、現場におけるこの手法の活用を通じ、事例を蓄積しながら新たな知見を集約した段階で本資料を更新していきます。

## プレストレストコンクリート管 (Prestressed Concrete Pipes)

PC管は、下図に示すようにコンクリート管(以下、コアという)の長さ方向にPC鋼材または鉄筋を配置し、コアの円周方向にはPC鋼材を緊張しながら巻き付けて(ポストテンション方式)プレストレストを導入したもので、更にこのPC鋼材の表面には水セメント比の小さいモルタルを吹き付けて防護層とし、大きな外圧や内圧に耐えられるようにした管です。



(PC管協会HPより)

## Ⅱ 手法を検討した背景

機構では、長大なパイプライン施設を管理していますが、劣化が進行している施設が少なくありません。パイプライン施設で使用されているPC管では、埋設箇所周辺の地下水や土壌中に含まれる侵食性因子等が原因で、カバーコートの劣化及びそれに伴うPC鋼線の腐食(以下「管本体の劣化」という)が進行し、管本体が破裂して大規模な浸水被害や地表面の陥没などに至る出水が顕在化しつつあります。



PC管本体の劣化は、主に管外面から進行し、カバーコートが薄肉化したり、PC鋼線が錆びたりします。PC管は地下に埋設されているため、地表を中心とした日常の水路巡視では劣化状態を確認することができません。仮に空水にして管内面を目視等で調査を行ったとしても劣化の有無やその度合いの判断は困難という問題をかかえていました。

このため、現状では管本体周辺の土を掘り出して管外面を直接確認することが望まれますが、機構が直接管理するPC管は12事業で111kmにも及ぶため、すべての管外面を確認することは困難です。

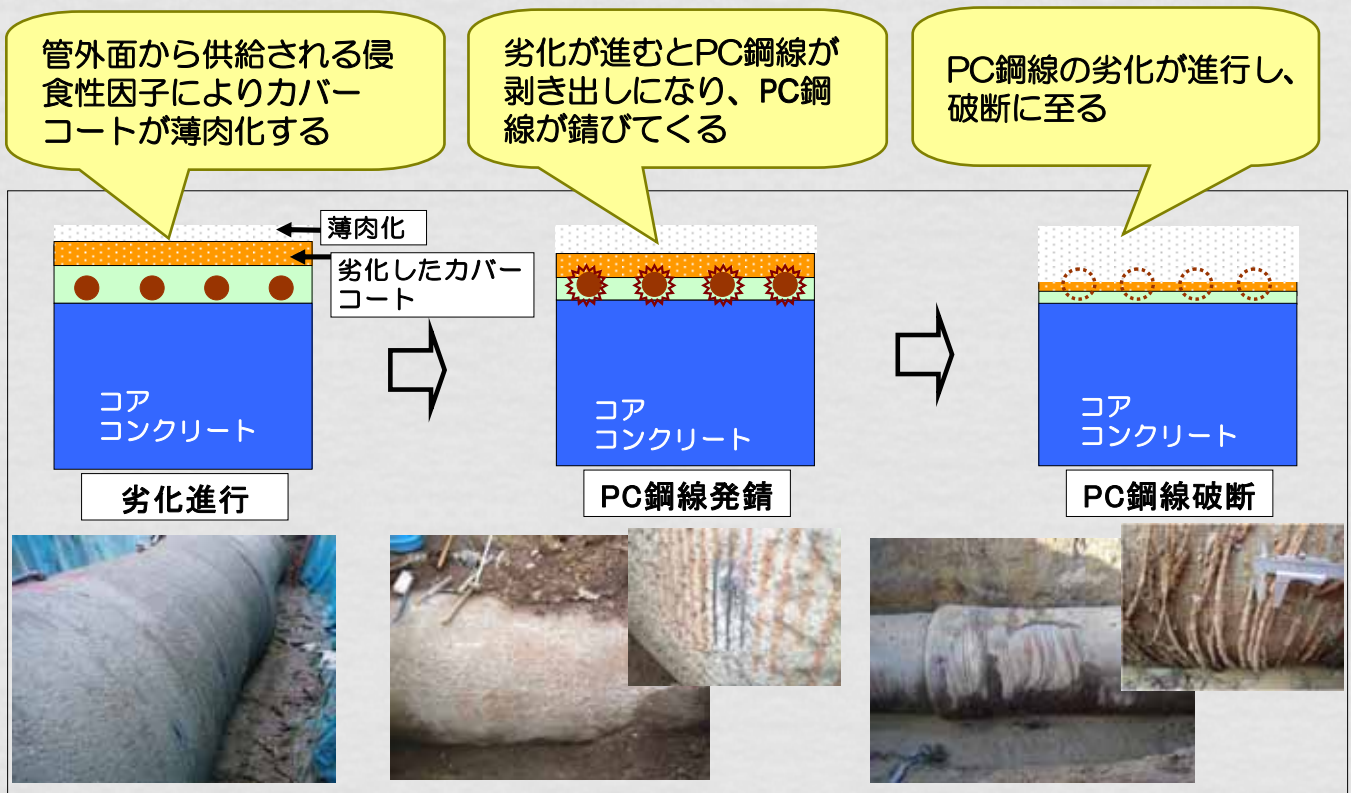


そこで、PC管をとりまく地下水位や土地利用状況、水質・土壌調査により劣化の可能性のある箇所を絞り込んだ上で、代表管を抽出し、管内面から超音波法による健全カバーコートかぶり厚の測定と、電磁誘導法によるPC鋼線の発錆・破断測定を併用した非破壊調査等により、PC管の劣化度を総合的に診断する手法を検討しました。

### Ⅲ PC管劣化のメカニズム

PC管本体の劣化は、侵食性因子によるカバーコートの劣化と継手部からの漏水に伴うカバーコートの洗掘(損食)に大別されますが、本手法では、侵食性因子によるカバーコートの劣化を対象としています。

カバーコートは、地下水や土壌に含まれる侵食性因子により、中性化・薄肉化します。劣化が進行し、カバーコートのかぶり厚が減少するとPC鋼線が剥き出しになり、地下水や土壌と接触します。PC鋼線にも侵食性因子が作用し、やがて発錆・破断し、管本体が内外圧に耐えられなくなり、管本体が破裂し、大規模に出水します。



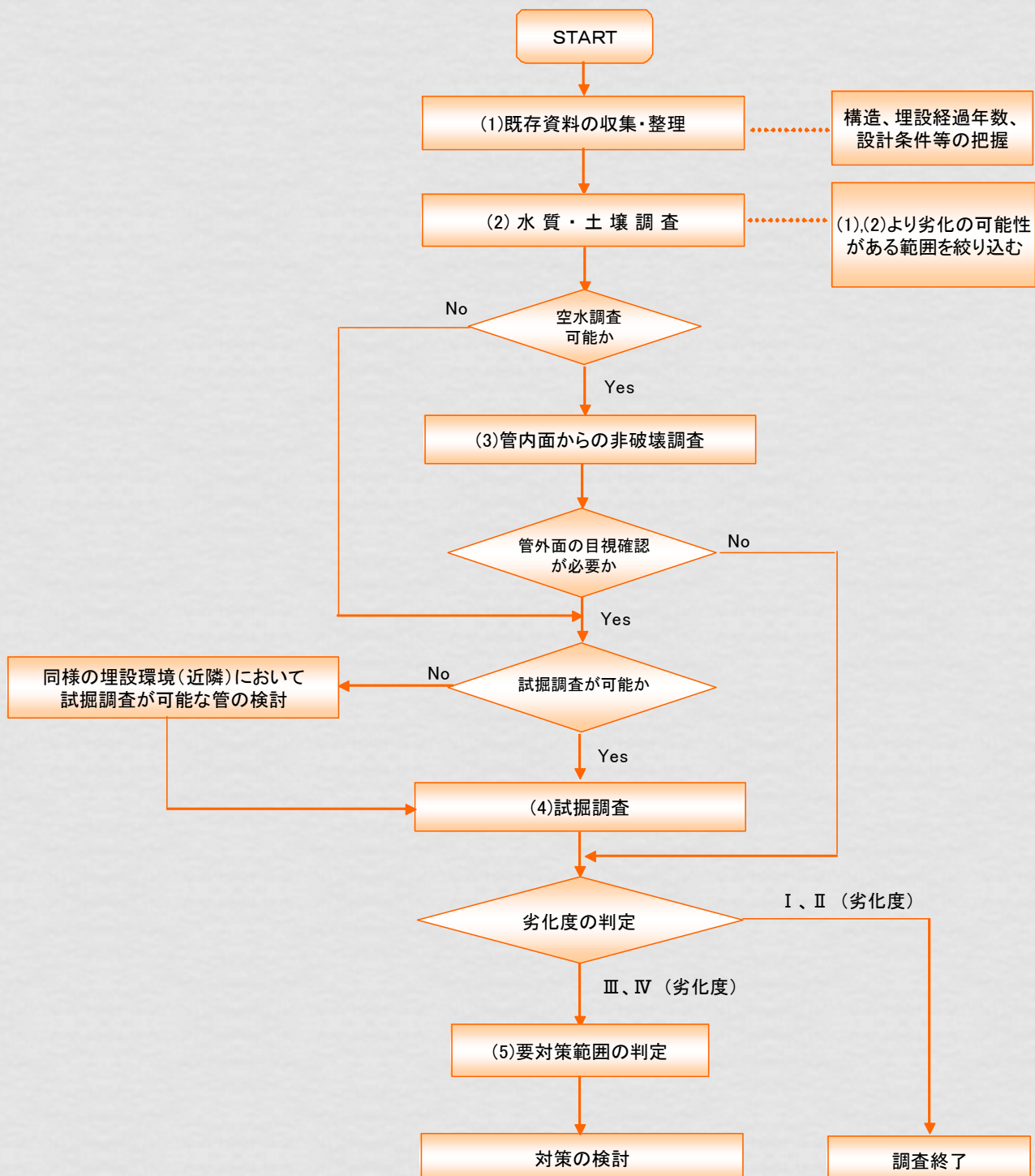
PC鋼線が破断すると、コアコンクリートのみで内外圧を受けることとなるが、コアコンクリートのみでは耐力が不足するため、やがてコアコンクリートが破裂する



# IV 調査の流れ

調査は、次の流れに沿って実施していきます。

- ① PC管路線全体から、既存資料や地下水の水質調査・土壌調査の結果を用いて劣化が想定される区間をある程度絞り込み、その中から非破壊調査又は試掘調査を実施する管(代表管)を抽出する。
- ② 代表管について、空水による管内面からの非破壊調査又は試掘調査による劣化状況の確認・判定を行う。
- ③ 劣化していると判定された代表管と同様の埋設環境下であると総合的に判断された区間を要対策範囲と判定する。



# IV 劣化が想定される区間を絞り込むための調査等

## 1) 既存資料の収集・整理

既存資料の収集・整理は、調査の第一段階として設計・施工関係資料や周辺環境の情報を把握、整理するとともに、施設管理者の意見等を元に問診調査表により整理し、後の調査の基礎資料に資するものとします。

## 2) 水質調査

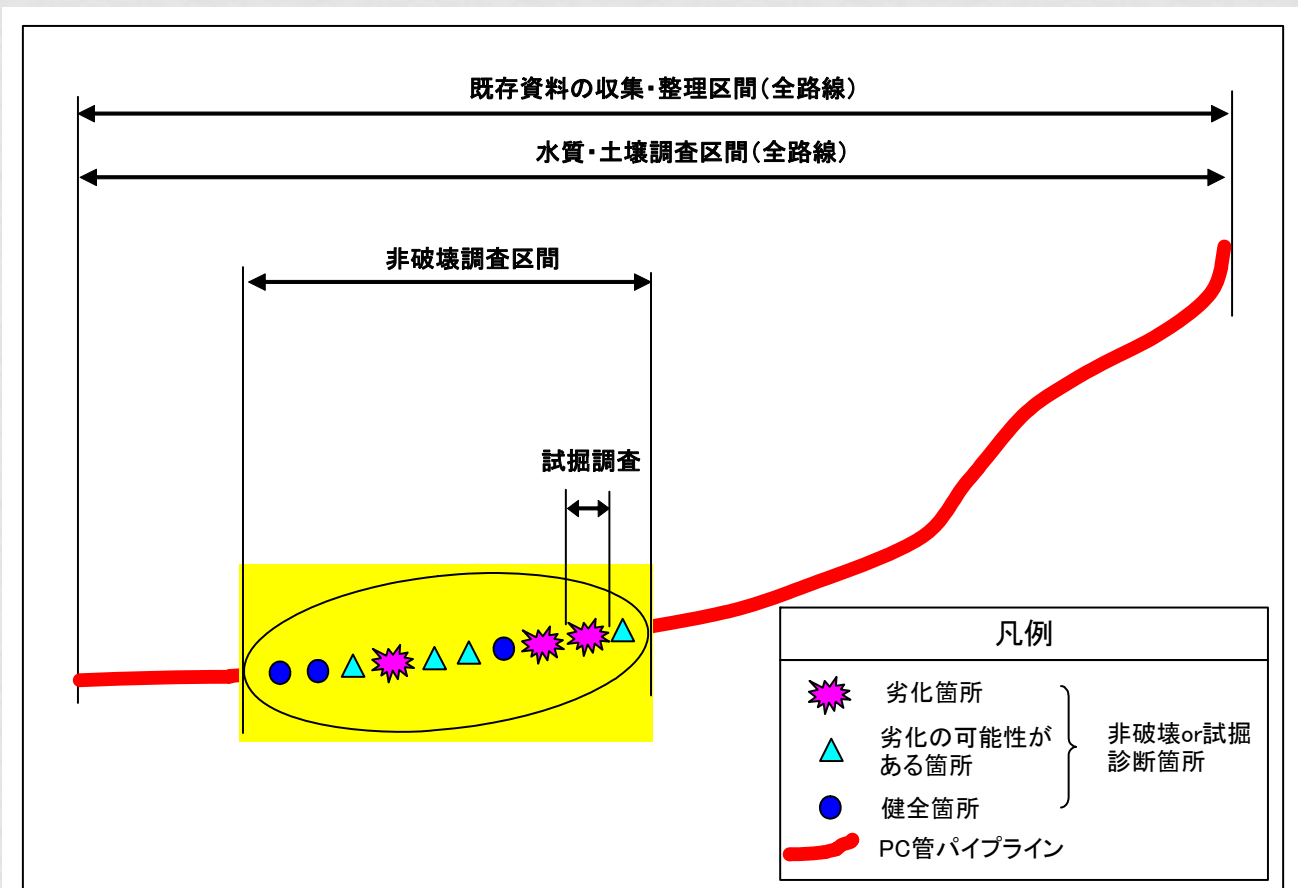
水質調査は、既設井戸・ボーリング孔、路線付近の小河川・排水路、土壌調査サンプリング孔等を活用し、路線全体を把握できるよう採水を行います。

## 3) 土壌調査

土壌調査は、新規のボーリングや、地盤の掘削等を必要とするため、事前調査の段階で土壌調査を実施するには、各専門機関が公開している資料を活用するなどして実施箇所を適切に設定します。

## 4) 調査対象管の抽出

既存資料等の調査や周辺の水質・土壌調査結果により、全路線から劣化が想定される区間をある程度絞り込みます。その中から調査対象管を抽出し、非破壊調査又は試掘調査を実施する代表管を抽出します。



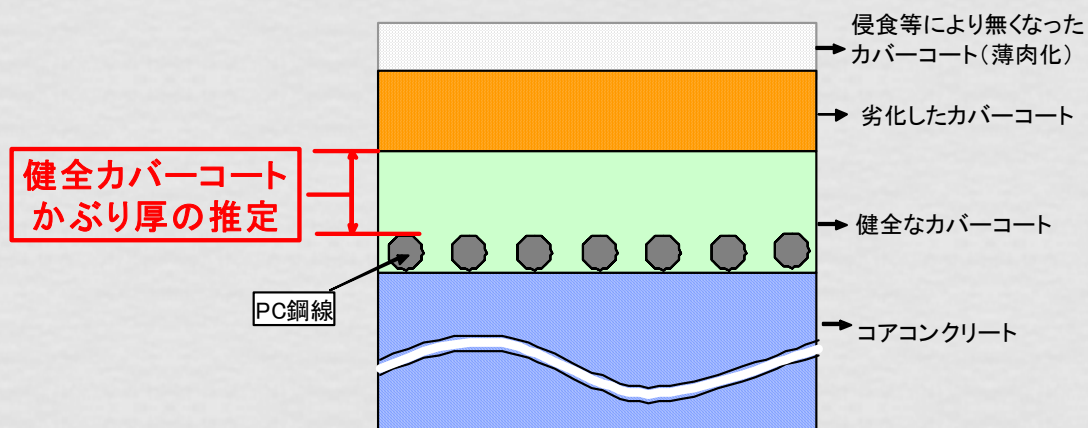
# VI 非破壊調査

## 1) 非破壊調査の概要

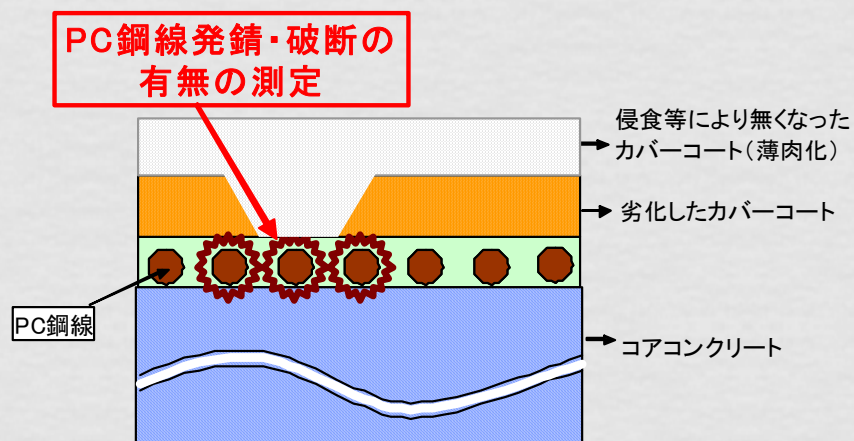
非破壊調査は、超音波法による健全カバーコートかぶり厚の測定と電磁誘導法によるPC鋼線の発錆・破断状況の測定という2つの調査を行います。

	測定の目的	利用原理	PC管への適用
超音波法	健全カバーコートかぶり厚の測定	超音波は物質の境界面で反射する性質がある	管内面から超音波を発振し、健全部で反射されてくる伝播時間と音速値から健全部の厚さを推定する
電磁誘導法	PC鋼線の発錆・破断の有無の測定	コイルに交流電流を流すと磁束が発生する それを導体に近づけると導体内に渦電流が発生する	磁束内に不連続面があると過電流が迂回して流れ、正常時の状態と異なる

### 【超音波法の測定目的】



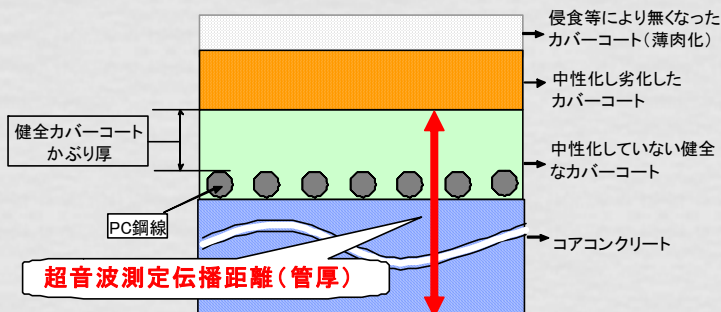
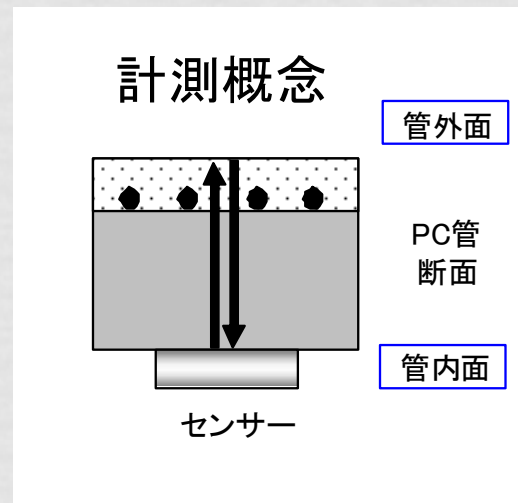
### 【電磁誘導法の測定目的】



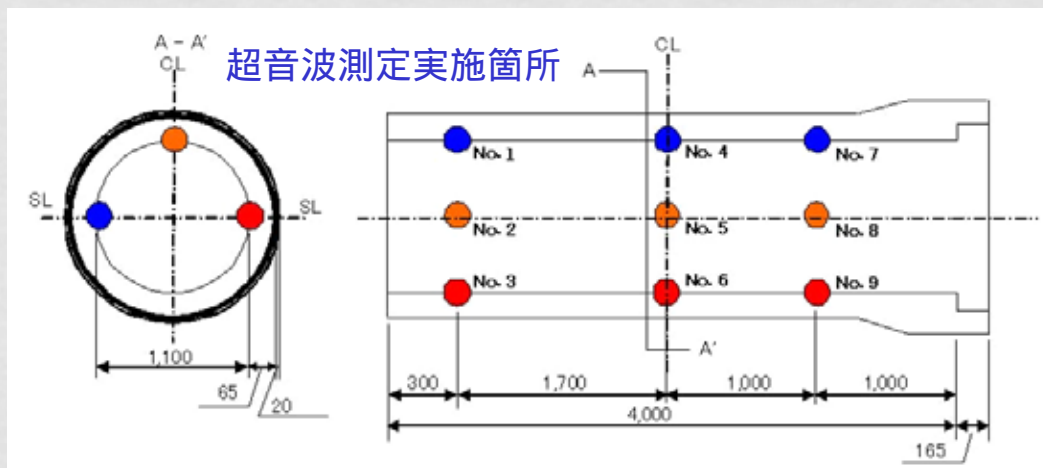
# VI 非破壊調査

## 2) 超音波法

超音波法による管厚測定は、PC管内面の対象測定箇所にて超音波（縦波）を入射し、反射してくる伝播時間を計測し、対象PC管の伝播速度（以下「音速値」という）との関係から、伝播距離（管厚）を求める方法です。健全カバーコートかぶり厚の算出は、超音波法により測定された伝播時間が、PC管の全厚（コアコンクリート、健全カバーコート）に対するものであるため、これから、設計コアコンクリート厚及び設計PC鋼線径を差し引いて算出します。



計算式: 健全カバーコートかぶり厚 = 実測伝播時間 × 音速値 × 1 / 2  
 - コアコンクリート厚さ - 設計PC鋼線径



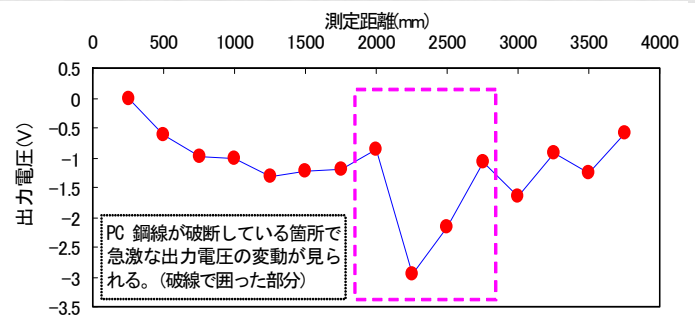
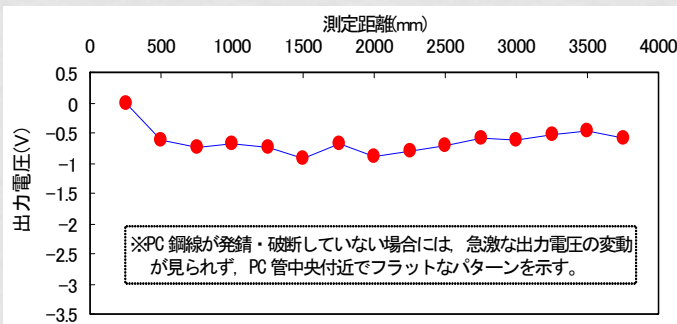
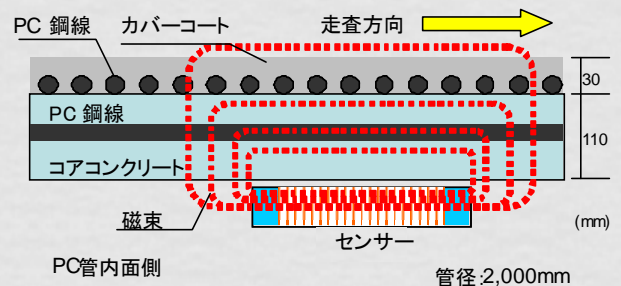
# VI 非破壊調査

## 3) 電磁誘導法

電磁誘導法によるPC鋼線の発錆・破断測定は、磁束を時間的に変化させると磁場が生じる現象を利用して、PC鋼線の発錆・破断を検出する測定手法です。これは、出力電圧値パターンの違いにより、PC鋼線の発錆・破断の有無を確認する手法で、鋼線の破断した管では大きく出力電圧値が変動します。



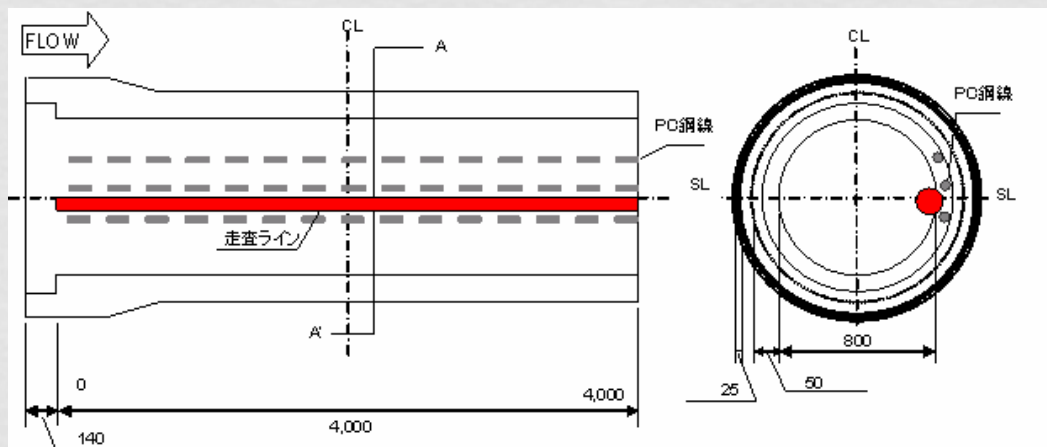
### センサーの概念



PC鋼線の破断測定の検出事例 (左: 健全な管、右: 鋼線の破断した管)

なお、電磁誘導を利用してPC鋼線の状況を把握する方法は、(株)ダイヤコンサルタント及び三菱マテリアル建材(株)により新たに開発された調査手法です。(平成18年9月特許出願中:特願2006-166019)

### 電磁誘導測定実施箇所



# VII 試掘調査

## 試掘調査

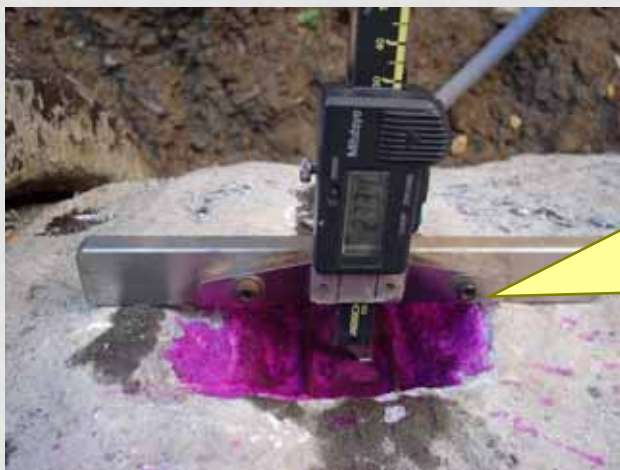
水質・土壌調査や非破壊調査結果だけでは判断することが難しく、劣化の程度を目視確認することが必要な場合や空水調査が出来ない場合は、試掘調査を実施します。試掘調査では、目視によりPC鋼線の発錆や破断、クラックの有無を確認し、チップングとフェノールフタレイン法(JIS A 1152「コンクリートの中酸化深さの測定方法」)を実施することで健全カバーコートかぶり厚の測定を行います。



PC鋼線を傷つけないようチップングを行う



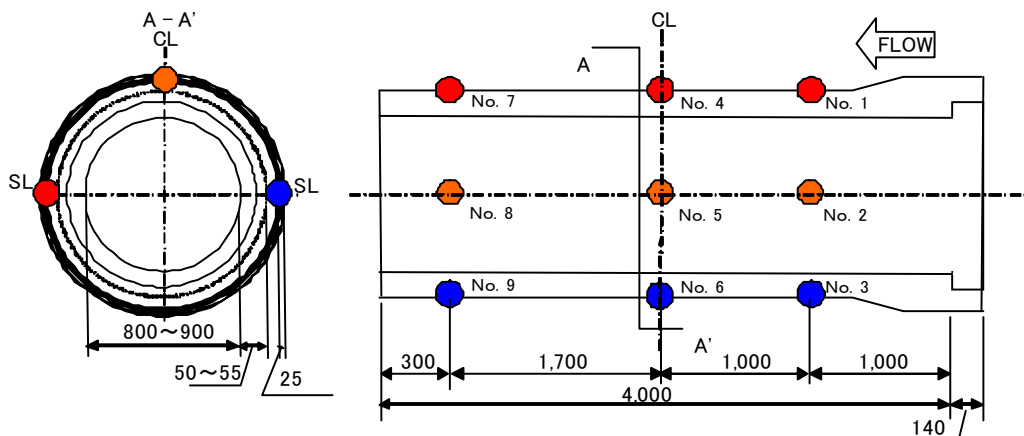
中性化していないコンクリートは、フェノールフタレイン1%溶液を噴霧すると赤紫色に変色する。(フェノールフタレイン1%溶液を噴霧)



PC鋼線から赤紫色に呈色した部分の距離をノギスで計測する(健全カバーコートかぶり厚)

なお、計測後は急速モルタルで閉塞し、PC鋼線を保護する

チップング実施箇所の例



# VIII PC管劣化度の判定

## 劣化度の判定

機構では、調査結果から、PC管の劣化度を以下により判定し、劣化度がⅢ、Ⅳの場合は、緊急又は早期対策が必要と判断します。

劣化度	非破壊調査による判定	PC管外面の変状による判定
I	「電磁誘導法:健全 かつ 超音波法:健全」	・外観上の変状が見られない ・健全カバーコートかぶり厚が充分 ・PC鋼線の発錆なし
II	「電磁誘導法:要注意 かつ 超音波法:健全」 「電磁誘導法:健全 かつ 超音波法:要注意」	・健全カバーコートかぶり厚が不充分 ・PC鋼線の発錆なし
III	「電磁誘導法:劣化 かつ 超音波法:健全」 「電磁誘導法:要注意 かつ 超音波法:要注意or劣化」 「電磁誘導法:健全 かつ 超音波法:劣化」	・健全カバーコートかぶり厚が不足 ・PC鋼線の発錆あり
IV	「電磁誘導法:劣化 かつ 超音波法:要注意or劣化」	・健全カバーコートかぶり厚が不足 ・PC鋼線の破断や全面的な発錆あり

### 劣化度の考え方

劣化度Ⅰ:健全な状態。当面は問題ないが、10年程度で再調査を実施し、状況を確認することが望ましい。

劣化度Ⅱ:今後10年程度で劣化度Ⅲ、Ⅳに至る可能性があるため、少なくとも5年程度で再調査を実施し、劣化進行状況を確認する必要がある。

劣化度Ⅲ:PC鋼線発錆の可能性が高いあるいは、発錆を確認しており、早期に対策を講ずる必要がある。

劣化度Ⅳ:PC鋼線破断の可能性が高いあるいは、破断を確認しており、緊急に対策を講ずる必要がある。

本手法の検討は平成18年度～平成20年度に官民連携新技術研究開発事業により、

- ・ 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
- ・ 新技術研究開発組合  
(株)ダイヤコンサルタント  
三菱マテリアル建材(株)
- ・ 独立行政法人 水資源機構

3者で共同研究した手法です。



独立行政法人 水資源機構

〒330-6008 埼玉県さいたま市中央区新都心11番地2

TEL:048-600-6500(代表)

<http://www.water.go.jp>