

## 令和2年度

### 農業水利施設機能総合診断士 業務経験等レポート

### 優秀レポート

本レポートは、(一社)農業土木事業協会が実施している「農業水利施設機能総合診断士」資格認定試験に合格し、資格登録された者が5年後の登録更新に当たって継続的な技術研鑽の一環として提出を義務付けられているもので、提出された「業務経験等レポート」を農業水利施設機能総合診断士講習委員会の委員が審査し、承認されたレポートのうち特に優秀と認められたものについて、表彰するとともに本機関誌に掲載することとしたものです。

なお、各レポートの内容や意見は執筆者個人に属し、執筆者の所属する組織の公式見解を示すものではありません。

(一社) 農業土木事業協会

## 既設管水路の機能診断調査及び健全度評価

### 1. 業務の目的及び内容

本業務は、国営笠野原かんがい排水事業（昭和 33 年度～昭和 44 年度）で造成された幹線水路（管水路：PC 管）の機能保全計画の策定を目的に機能診断調査及び健全度評価を実施した。

### 2. 機能診断調査

#### 2.1 事前調査，現地踏査，問診調査

現地調査に先立ち、事前調査として対象施設の設計諸元・図面、過年度の調査診断結果、事故・補修履歴、維持管理履歴、地域特性について資料収集・整理を行った。次に、対象施設の埋設ルートを現地踏査し、埋設位置及び隣接地の状況や事故があった箇所を確認した。また、事前調査及び現地踏査結果を踏まえ、土地改良区の担当職員から聞き取りを行った。

#### 2.2 性能低下要因の推定

過年度の調査診断結果より、対象施設である既設管（PC 管）からの漏水は継手ゴムの劣化が原因であるが、事故率は急激な増加傾向を示していないことから、周辺環境や水質の変化によるものでなく、経年劣化（中性化、腐食、材料劣化等）が性能低下要因であると推定した。

#### 2.3 現地調査

##### 2.3.1 既設管調査

現地調査の対象施設は、同時期に工事中の現場より撤去・仮置きされた既設管（PC 管）である。近接目視及びはつり部に調査を実施した結果、既設管外面のカバーモルタルの剥落・溶出（経年劣化）、PC 鋼線発錆露出挿し口の PC 鋼線発錆露出が確認された。

この既設管を協力会社（PC 管製作メーカー）の工場に持ち込み、外圧耐荷試験を実施した結果、当初設定の設計耐荷重の 126% でひび割れが発生しなかったことから、竣工時の耐荷性を維持していることが確認できた。（写真－1）

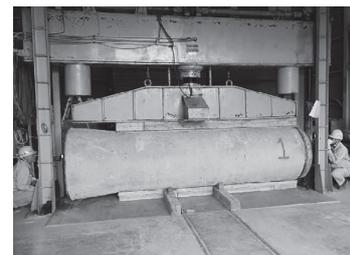
また、仮置きされた既設管より継手ゴムを採取し、外観調査及び物性試験を実施した結果、外観は厚さが薄く変形（経年劣化による復元力低下）や微生物による食害痕跡（微細な傷）が確認され、引張試験値（引張強さ・伸び）は低下しているものの圧縮永久ひずみ率は製造時の規格を満足しており、水密機能の保持が確認された。

##### 2.3.2 土壌調査

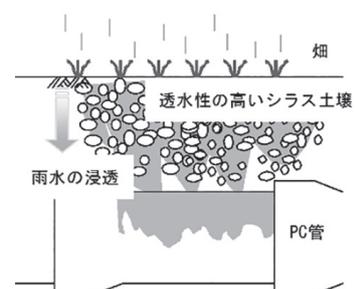
既設管調査結果より、管の上半分でカバーモルタルの脆弱化、中性化の進行、PC 鋼線の発錆が確認され、管体は管外より酸性の影響を受けていることが推定された。既設管の埋設位置は茶畑であり、過去の硫酸アンモニウム（硫安）の大量施肥が判明したことから、水溶性の硫安が雨水に溶けて浸透し、管頂部付近の土壌を酸性化させた可能性がある。（図－1）

よって、既設管に対する硫安の影響を含む土壌由来の劣化要因を把握するため、管上方の土壌を採取し、土壌調査を実施した。（写真－2）

土壌調査は土壌の腐食性評価の際使用される米国国家規格（ANSI/



写真－1 外圧耐荷試験



図－1 PC 管への酸性水供給

AWWA C105/A21.5) の評価基準に基づき行った。本規格の評価は比抵抗、pH、Redox 電位、水分、硫化物の5項目で行い、評価点の合計が10点以上であれば腐食性の強い土壌と判定する。[1] 本規格の評価点は1～4点であり、土壌は強い腐食性が認められなかった。なお、pHは7.6～8.9と弱アルカリ性を示した。



写真-2 試料採取位置(茶畑)

### 2.3.3 水質調査

土壌調査結果より、管頂付近の土壌が酸性を示さなかったことから、既設管を劣化させる要因として地下水の影響の有無を確認するため、本地区の受益地内の代表的な井戸より採水し、水質試験を行うこととした。

水質調査結果の評価は、(独)水資源機構監修の「PC管本体に関する調査・診断マニュアル(案)」を参考に、劣化危険度評価を行った。

本評価結果より、評価5項目すべて判定基準をクリアしており、またpHは6.6～7.0を示し弱酸性～中性であることから、水質も強い腐食性を示さなかった。(表-1)

表-1 水質試験結果(試料:地下水)

	幹線水路名	B幹線水路		E幹線水路	
		B09	E15	B09	E15
識別番号		B09		E15	
調査協力者名		地元 勇司 (No.2)		南国生コン(株)	
採水位置		井戸直下流 (配管途中の蛇口)		井戸直下流 (配管途中の蛇口)	
試料の種類		地下水		地下水	
採水時期		非かんがい期 (1月下旬)		非かんがい期 (1月下旬)	
調査項目	判定基準の日安				
遊離炭酸 (mg/L)	20 mg/L 以上	7.5	12.0	7.5	12.0
酸度:アルカリ消費量 (mg/L)	—	< 20 OK	< 20 OK	< 20 OK	< 20 OK
硫酸イオン (mg/L)	1000 mg/L 以上	9.6	17.0	11.0	18.0
硝酸イオン (mg/L)	200 mg/L 以上	< 1000 OK	< 1000 OK	< 1000 OK	< 1000 OK
塩素イオン (mg/L)	200 mg/L 以上	32.0	42.0	10.0	10.9
pH (水温)	6.0 以下 (弱酸性)	< 200 OK	< 200 OK	> 6.0 OK	> 6.0 OK
総アルカリ度 (mg/L)	—	10.0	10.9	42.0	33.0
カルシウム硬度 (mg/L)	—	< 200 OK	< 200 OK	41.0	46.0
蒸発残留物 (mg/L)	—	214.0	230.0	214.0	230.0
総合評価 (劣化危険度の程度)	5項目とも、 判定基準値以上	軽微(問題なし)		軽微(問題なし)	

### 2.3.4 既設管の埋設環境に関する考察

土壌調査及び水質調査より、現時点では土壌、地下水ともに弱アルカリ性～弱酸性であり、既設管の埋設位置は劣化を促進する環境でないことが判明した。土地改良区からの聞き取りにより、茶栽培において以前はpHを4.0～5.5と酸性土壌とするため、硫酸を大量に施肥していたが、近年は硫酸等の肥料を少量施肥する栽培方法に変わったと確認できた。

よって、既設管のカバーモルタルが脆弱化したのは以前の硫酸大量施肥時期であり、現時点で土壌及び水質が酸性でないことは、近年の少量施肥で管周囲が酸性⇒弱酸性～弱アルカリ性に変遷したものと推定できることから、今後既設管本体が酸性起因の劣化は可能性が低いと思われる。

## 3. 健全度評価

健全度評価は、パイプラインの施設状態評価表を利用して実施した。[2] カバーモルタルが健全であったはつり部においてPC鋼線の錆はなく中性化深さは10mm未満であったため、外観調査による評価はS-3とした。継手ゴムにバクテリア食害があったため、管材劣化による評価はS-3とした。なお、土壌調査及び水質調査の結果から、既設管に及ぼす劣化要因として腐食性土壌または酸性水の存在が確認できなかったことから、エンジニアリングジャッジの目安として採用はしなかった。

### 参考文献

- [1] 大原 隆志: 管水路の機能診断における腐食要因調査手法とその有効性 - その2 - 平成22年
- [2] 農水省: 農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」, p.50, 平成28年8月

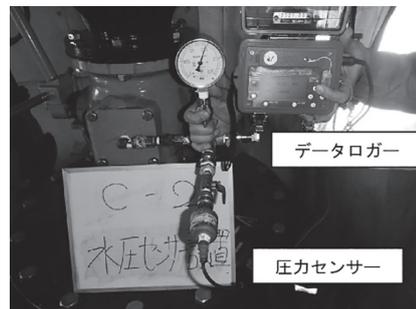
## クローズドパイプラインにおける動水圧低下原因調査

### 1. 概況

対象施設は、2箇所のポンプ場で揚水した水を配水槽タンクから自然圧で送水する国営の2点注水クローズドパイプライン（ $\Sigma L = 14.783\text{km}$ ,  $\phi 600 \sim 1,650\text{mm}$ ）である。この国営路線には県営パイプラインが国営分水工を介して接続し、末端のほ場給水栓に至るまですべてクローズドで接続され、水田へ用水が供給されている。この施設において、ほ場の末端給水栓で圧力が足りず給水が出来ない不具合が発生したため、調査を実施した。

### 2. 一次調査（管内動水圧計測）の実施

不具合に関する聞き取りから、圧力が低下する位置を確認するため、①幹線内各所の国営分水工及び空気弁工に圧力センサーを設置しロガーにて動水圧を経時観測することにより、パイプライン内の動水圧分布を確認した。また②国営分水工の既設流量計で観測される分水量に加えて分水工位置における動水圧（分水圧）を実測することで、分水量に対して所定の動水圧が確保されているかを確認した。



国営分水工 C2 調査器具 設置状況

写真1

### 3. 一次調査結果

圧力調査の結果、国営分水工地点において、分水工から計画分水量以下の分水しか行われていない状態で、事業計画（水理計算上）の必要分水圧力を確保できていない状況にあることが確認された（下図）。

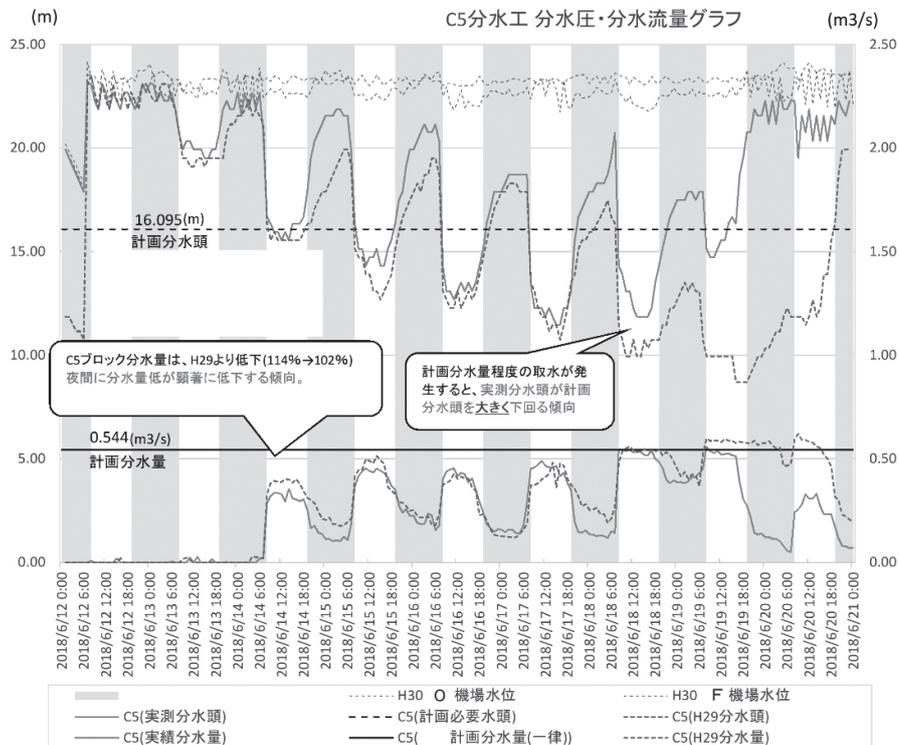


図-1

#### 4. 水理解析

ポンプ場配水槽水位、各分水分水量データを与条件として、各地点の動水圧を管網計算により算出し、圧力調査の実測値との比較による水理検証を行った。その結果、①動水圧の低下は全体的で特定区間に集中している状況になく、道路・河川横断のサイホン部等での管路閉塞による圧力低下の可能性は低いことが推定された。また、②事業計画時の管の流速係数（FRPM 管  $C=150$ 、鋼管、ダクトイル鋳鉄管  $C=130$ ）にて計算すると実測値と再現計算の間に乖離が生じるため、何らかの影響で流速係数  $C$  が標準値以下になっていることが想定された。（図-2）

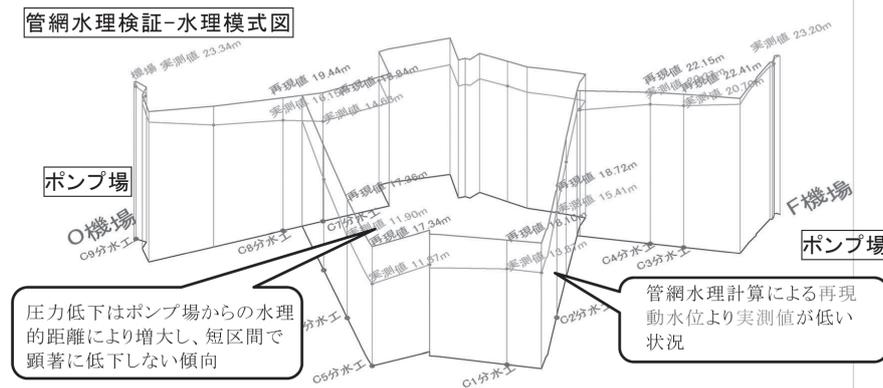


図-2

#### 5. 二次調査（管内調査・管の流速係数実測調査）の実施

管の摩擦損失を増大させる（=流速係数  $C$  を低下させる）要因（付着物）確認のための管内調査と、管の流速係数実測調査を試みた。調査区間は、流速係数調査において摩擦損失水頭以外の影響を極力排除するため、直線区間で、途中に分水等がない区間を選定した。

#### 6. 二次調査結果

管内調査の結果、調査区間内全体の管全周に付着物が確認された（写真-1）。付着物は5mm程度の厚さで凹凸が顕著、高圧洗浄では完全には除去できず、最終的にはスクレイパーで削り取る作業が必要となった。付着物を持ち帰って分析したところ、付着物はカイメンとそれに絡まる泥であることが判明した（写真-2）。

管内付着物除去前と除去後の管の流速係数実測調査は、圧力センサーの感度に問題があり、流速係数の具体的な実測値を確認するまでには至らなかった。しかし、計測値（圧力）の傾向は除去前と除去後で明確に改善傾向がみられ、付着物が摩擦損失に悪影響を与えていたことは確認できた。

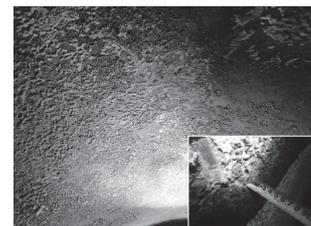
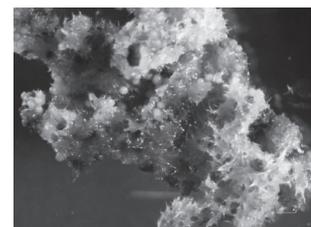


写真-1

#### 7. 考察と今後の対策

管内に付着したカイメンは、取水河川から流入してきており、管内付着前の浮遊した状態では大きさが数mm程度で、取水時にポンプ場除塵機等で除去することは困難である。また濾過や浄水装置のような除去方法も施設規模とコストの面から難しい。そのため、今後もカイメンがパイプライン内に流入してくるなかでの対策が求められている。現在、継続調査が実施されており、カイメン付着による流速係数低下について、今後の進行性を見極めて対策工の検討が行われる予定である。



顕微鏡レンズ6.5倍観察

写真-2

## 表面被覆工の劣化診断と再補修工法の選定について

### 1章 業務目的

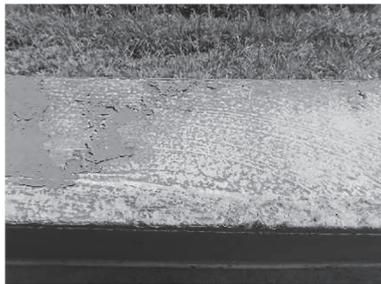
積雪寒冷地帯の幹線水路で、耐用年数が20年程度と言われている表面処理工法（有機系表面被覆工法）で補修した水路が、施工後10年程度で変状したことから、この原因を調査し、変状と劣化要因に対する評価から補修対策工法の立案を行ったものである。

### 2章 機能診断調査

#### 1節 変状調査の考え方

現地調査を行った結果、大きく分け表面被覆の関係する変状（写真－1）、躯体コンクリートに関係する変状（写真－2）が確認された。

変状に関係する要因は、施工方法、紫外線、温度変化、乾湿変化、使用環境、躯体コンクリート等に起因することが考えられた。これらが、変状の要因に成り得るかを検証するために、近接目視調査、被覆材の膜厚・硬度・表面観察、紫外線量調査、コンクリート内部の温度計測・含水率・圧縮強度・付着力・中性化、横断測量等を実施した。



写真－1 (塗膜剥れ)



写真－2 (欠損)

#### 2節 劣化要因と評価

##### 1項 施工に起因する劣化要因

メーカー・施工会社から被覆材の特性、施工時期、施工方法の聞き取り調査を行い、劣化に結びつくと思われる原因の把握を行った。

- ①施工当時は、メーカー独自の基準はあったが第三者的な管理基準がなかった。
- ②仮囲いを行い、わりと高めの温度で管理を行っていた。このことが、外気温との関係で結露が生じやすい環境となっていた。
- ③雪の影響で水路内に水が溜まりやすい環境となり湿気を発生させていた。

以上の要因は、短期的付着力には影響しなかったが長期的付着力に影響を及ぼしていると推定された。

##### 2項 紫外線に起因する劣化要因

有機系被覆材は、高分子系の材料であることから紫外線により劣化する。紫外線量を計測した結果、側壁天端においては単純平均で $2000 \mu\text{W}/\text{cm}^2 \times$ 日照時間の紫外線量となり、かなり多く浴びていると推定された。

##### 3項 温度変化に起因する劣化要因

有機系被覆材は、温度変化により劣化する。冬季の気温はマイナス、夏季の気温は30度以上となる。コンクリート内部の温度は、日中は外気温より10度程度高く、夜間は外気温より低くなる傾向にあった。また、夏場の被覆材表面温度は50℃以上になることもあり、50℃以上になると伸び率・引張り強さが低下する。

このような厳しい使用環境が剥離等の劣化要因となっていると推定された。

#### 4項 使用環境に起因する劣化要因

- ①水路は周辺地盤より高く設置され側壁が露出しているため、紫外線・気温・風雨等の影響等を受けやすい状態にある。
- ②特に天端では、水路内面と外面とでは温度差があり、被覆材の伸縮量に違いが生じ、それにより局所的な応力が発生し亀裂・剥離等が発生すると推定された。

#### 5項 躯体コンクリートに起因する劣化要因

現地調査により、不同沈下が確認されている。不同沈下の影響で隣り合う水路の目地部に作用する力の方向が一定でなくなり、コンクリートにひび割れ・欠損を生じさせる要因となっていると推定された。また、表面被覆工実施後の2011年に「東北地方太平洋沖地震」が発生し、それにより劣化を助長させたと考える。

以上の複合的要因により、劣化の発生、進行が始まった。使用環境が厳しい側壁天端（天端の劣化が特に進んでいる）から、被覆材の劣化（ひび割れ、剥離等）が始まり、劣化箇所から雨水等の浸入、剥離等への発展、さらに側壁等に拡大したのではないかと推定された。

### 3章 再補修工法の選定

#### 1項 再補修工法の考え方

健全箇所の被覆材は、そのまま残し劣化箇所のみを補修する計画とし、躯体コンクリートに関係する劣化箇所は、基本的に断面修復で対応することとした。再補修を行うに当たっての検討項目として次の①、②を考慮した試験施工を3工法で行った。（写真－3～5）

- ①既存被覆材との接合方法（被覆材重ね合わせる。端部をVカット処理する。）
- ②劣化した被覆材の剥ぎ取り範囲（コンクリート表面まで剥ぎ取る。荒仕上げ程度とする。）

試験施工を実施後、モニタリング調査を実施したが、いずれのケースでも良好な結果が得られている。基本的に、劣化した被覆材の剥ぎ取りは、荒仕上げ程度、10cm程度の重ね合わせで再補修を行うこととした。



写真－3（試験施工）



写真－4（試験施工）



写真－5（試験施工）

#### 2項 表面被覆工法の選定

対策工法の目的は、劣化因子の遮断による凍害劣化速度の抑制であることから、水がコンクリート内部に浸入することを防ぐことが目的である。

既設被覆工法は、A工法とB工法の2工法で行われていた。試験施工では、上記にC工法を加えた3工法で行った。

再補修に使用する被覆材は、「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】（案）平成25年10月」「1」で有機系被覆材に求められる要求性能を検証した結果、B工法は適用外となったがA工法、C工法は満足していた。よって、A工法か同等のものを使用する方針とした。

#### 3項 施工に関する留意点

施工上の留意点としては、次のことが考えられた。

- ①劣化した被覆材の剥ぎ取りは、荒仕上げ程度、10cm程度の重ね合わせとする。
- ②吹きつけ時の温度は、5℃以上とする必要がある。ただ、外気温がマイナスになる環境では、囲い内の温度を高く設定すると湿度も高くなり結露の発生確率も大きくなる。外気温と仮囲い内の温度に留意する。

#### 参考文献

「1」 農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室；農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】（案）PP.50～71，平成25年10月