

事例 2

木曾川右岸地区 PC 管の劣化診断と保全対策について

独立行政法人水資源機構 木曾川用水総合管理所 所長 小酒井 徹
美濃加茂管理所長 鈴鹿 克俊
美濃加茂管理所 窪野 拓未

1. はじめに

木曾川用水の木曾川右岸地区（以下「右岸地区」という。）は岐阜県中濃地域に位置し、独立行政法人水資源機構（旧水資源開発公団、以下「機構」という。）が、昭和 43 年度から昭和 57 年度にかけて用水供給施設を造成し、昭和 58 年度から美濃加茂市をはじめとする 3 市 6 町に農業用水と都市用水を供給している。

本用水供給施設は管水路を主体とした施設であり、プレストレストコンクリート管（以下「PC 管」という。）をはじめ数種の管で構成しているが、用水供給開始以降、PC 管継ぎ目からの出水が多発し、近年は管体が破損する出水も生じる状況となった。

このため機構では、PC 管の劣化状況を定量的に把握するべく平成 15 年度から継ぎ手調査（継ぎ目間隔・ゴムリング状態等）を始め、その後、PC 管を適切に予防対策するべく劣化診断を進め、平成 19 年度には施設機能保全計画を策定した。

本稿では、右岸地区におけるこれら一連の取組みを報告するものである。

2. 右岸地区の概要

2.1 用水供給量

右岸地区の用水供給量は、地域の約 3,050 ヘクタールの農地に対する農業用水として最大毎秒 7 立方メートル、岐阜県の水道用水として最大毎秒 0.75 立方メートル、同県の工業用水として最大毎秒 0.18 立方メートルとなっている。

2.2 施設の概要

用水供給施設は、飛騨川からの取水施設である

白川取水口、導水施設である白川導水路、右岸幹線水路、左岸幹線水路、用水路及び支線水路で構成し、水路の全延長は約 109km である。

このうち、左岸幹線水路、用水路及び支線水路はクローズド式の管水路であり総延長は約 91km である。管水路は PC 管、ダクタイル鋳鉄管、塩化ビニル管、強化プラスチック複合管（FRPM 管）等を用いており、このうち PC 管の延長は約 30km である。

2.3 管水路の埋設環境

左岸幹線水路は飛騨川左岸の山裾に沿って埋設しており、用水路及び支線水路はそのほとんどが公道下に埋設している。

3. PC 管の出水状況と劣化要因

3.1 PC 管の出水状況

右岸地区の PC 管では昭和 58 年度から今までに延べ 115 件の出水が発生している。図-1 に PC 管における出水箇所を、写真-1 に出水時の状況を示す。

出水は左岸幹線水路と一部の用水路及び支線水路に集中しており、そのほとんどは継ぎ目からの出水である。出水の度に、管内面からの継ぎ手部の止水、管外面からのコンクリートの巻き立てなどで復旧してきた。しかし、平成 17 年度に支線水路で管体が破損する大規模な出水が発生した。



図-1 右岸地区のPC管における出水箇所



写真-1 坂祝支線出水状況

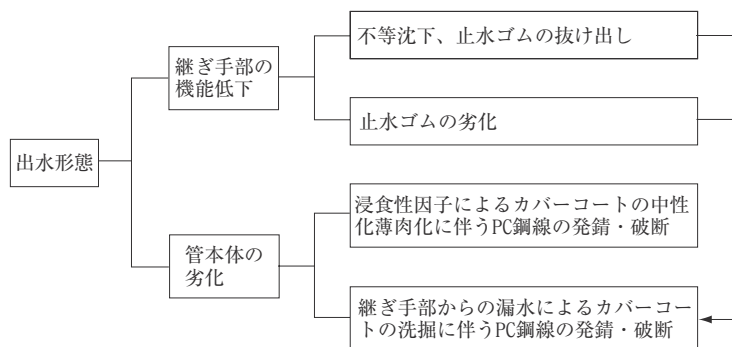


図-2 PC管の出水形態と劣化要因



写真-2 PC管の劣化状況

3.2 PC管の出水形態と劣化要因

機構では、機構が管理する全国の各地区でPC管の劣化が顕著となる中、全社的にPC管の劣化に関する調査を進め、この成果を平成20年度に「PC管本体の劣化に関する調査・診断マニュアル(案)」としてとりまとめている。

機構では、同マニュアルでPC管の出水形態別の劣化要因を図-2のとおり整理しており、右岸地区の劣化診断等もこの劣化要因に基づき進めた。

管本体の劣化状況を写真-2に示す。

4. PC管の劣化診断

4.1 劣化診断の必要性

前述のとおり、これまでの右岸地区は出水が発生してから対策するいわゆる事後対策であった。これは、管水路が地下埋設物であり目視では劣化状況が確認できず、劣化状況に関する情報も体系的に蓄積されていないためであった。

機構では、平成17年の管体の破損を契機に、

今後はPC管において適切な事前対応を可能とするべく、前述の劣化要因の整理とあわせ、劣化要因に着目した各種調査を行い、機能保全対策を策定することとした。

なお、この取り組みは、農林水産省の農業水利施設ストックマネジメントマニュアル(以下「マニュアル」という。)を基本に、PC管の劣化要因と劣化状況を独自に考慮することで進めた。

4.2 施設の状態評価

4.2.1 調査ユニットの区分

マニュアルでは、概ね1kmを目安に、分水工、制水弁等で区分される水理ユニットを調査ユニットとしているが、右岸地区では地下水に含まれる浸食性因子(後述する成分、地下水の水位変動・流れ、土壌の腐食性等)にも着目して、地下水位や土地利用区分も考慮した調査ユニットに区分し、左岸幹線水路で14ユニット(うちPC管10ユニット)、用水路・支線水路で154ユニット(うちPC管54ユニット)を設定した。

4.2.2 既存資料の収集整理

右岸地区の全施設を対象に設計・施工内容に関する資料、維持管理費・補修履歴（定期・突発的）を収集し、施設情報として調査ユニット毎に整理した。

4.2.3 現地踏査（概査）

現地踏査（概査）では、PC管区間全線について地形・埋設環境等を現地確認し、調査ユニット区分の修正を行うとともに、現地調査（精査）で行う地下水調査、漏水量調査及び試掘調査箇所を

選定した。

調査ユニットの区分と調査位置の一例を図-3に示す。

4.2.4 現地調査（精査）

現地踏査で選定した箇所において、①地下水調査（33箇所（9路線））、②漏水量調査（4箇所（4路線））、③試掘調査（24箇所（10路線））を実施した。各調査における調査内容は表-1のとおりである。

4.2.5 右岸地区におけるPC管の劣化要因

現地調査のうち試掘調査結果の一例（坂祝用水路）を表-2及び表-3に示す。

試掘調査により、地下水に浸食性遊離炭酸が高濃度で存在し、PC管のカバーコートの浸食や中性化の進行を確認した。このことにより、PC管の劣化要因は、①不等沈下やゴムの劣化による継ぎ手部の機能低下とともに、②地下水に含まれる浸食性成分（浸食性遊離炭酸等）によるカバーコートの浸食及び中性化と推測された。

23 坂祝支線①(φ1,000~φ700)

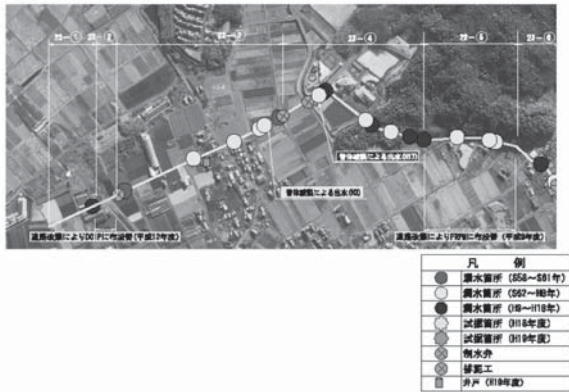


図-3 ユニット区分と調査位置の例

表-1 現地踏査（概査）及び現地調査（精査）

調査項目		調査内容	調査範囲・数量
現地踏査 (概査)	現地踏査	周辺状況変状等確認	PC管区間全線
	地下水調査	既設井戸による水位及び水質調査 (浸食性遊離炭酸, pH, ランゲリア指数等)	33箇所(9路線)
現地調査 (精査)	漏水量調査	漏水量把握	4箇所(4路線)
	試掘調査	カバーコート厚測定	24箇所(10路線)
		中性化試験	
		PC鋼線の発錆・破断状況確認	
		カバーコート表面目視観察	
		土壌調査	
水質調査			

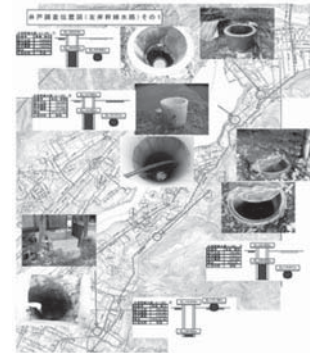


図-4 地下水調査資料の例

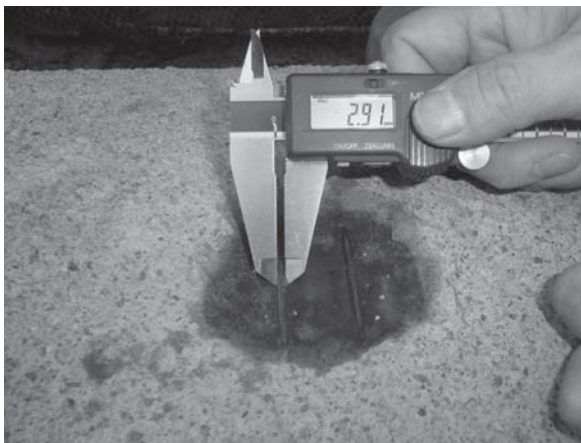


写真-3 PC鋼線・中性化状況確認



写真-4 カバーコート表面目視

表-2 水質調査結果の例

水質分析結果

ランゲリア指数(腐食性)	-	- 2.4
水温	℃	19.0
水素イオン濃度	-	6.0 (19℃)
カルシウム硬度	mg/L	55
溶解性蒸発残留物	mg/L	140
総アルカリ度	mg/L	66
総酸度	mg/L	160
侵食性遊離炭酸	mg/L	83
遊離炭酸	mg/L	150
従属性遊離炭酸	mg/L	62
塩化物イオン	mg/L	7.1
硫酸イオン	mg/L	31
硝酸イオン	mg/L	1.0

表-3 PC管劣化調査結果の例

PC管劣化調査

項目		PC鋼線 (mm)	カバーコート厚 (mm)	中性化深さ (mm)	中性化残り (mm)
路線名	調査位置				
坂祝用水路 (概要) 管径: φ 1,200 土被り 上流側: 3.23m 下流側: 3.20m	頂①	4.58	21.76	2.64	14.54
	頂②	4.55	21.70	1.31	15.84
	右①	4.56	21.76	4.60	12.60
	右②	4.54	21.72	3.29	13.89
	左①	4.59	19.75	2.62	12.54
	左②	4.56	19.38	3.67	11.15

4.2.6 健全度評価

施設の健全度評価は、表-4のとおりマニュアルに基づきS-5, S-4, S-3までを一次評価し、表-5に示すカバーモルタルの中性化深さやPC

鋼線の露出状況を評価基準としてS-2及びS-1を二次評価した。健全度評価別の施設延長は表-6のとおりである。

表-4 S-5, S-4, S-3の評価区分

評価項目			評価区分				評価の流れ→		
健全度ランク			S-5 (対策不用)	S-4 (要観察)	S-3 (補修)	S-2 (補強)	変状別 評価	主要因 別評価	主要因 別評価
内部要因	管路自体の変状	漏水量 (L/日・cm・km)	150未満	150以上~ 300未満	300以上	-	S-3		
		緊急性	有りの場合は1ランクダウン(漏水の影響が周辺に及んでいる等)						
		管内粗度	流速係数 Cq (=調査時のC/設計時のC)	80% ≤ Cq	-	80% > Cq	-	S-5	
外部要因	管内面の状態	ひび割れ	0.2mm 未満	0.2 ~ 0.6mm	0.6mm 以上	-	S-5		
		たるみ・蛇行・沈下	無	管口径の 1/3 未満	管口径の 1/3 以上 から 1/2 未満	-	S-3	S-3	
		継手間隔	挿入長の 90 %以上	挿入長の 80 % ~ 90%	挿入長の 80 % 未満	-			S-3
ひび割れ、たるみ・蛇行・ 沈下、継手間隔についての 補正		進行性	有りの場合は1ランクダウン(経年変化がみられるもの)				/	/	/
		管口径	φ 300mm 以下の場合は1ランクダウン						
		使用圧力	1.0MPa 以上の場合は1ランクダウン						
		土壌・地盤	強酸性土壌(泥炭等)又は軟弱地盤の場合1ランクダウン						
その他の 要因	事故歴調査	漏水事故率 a (件/年・km)	ACP, PC, RC, FRPM	a = 0	0 < a < 0.4	a ≥ 0.4	-	S-3	S-3
		増加傾向	有りの場合は1ランクダウン						

(農水省の「農業水利施設ストックマネジメントマニュアル」より)

表-5 S-2, S-1 の評価区分

評価項目	評価区分				
	劣化度 (グレード)	(参考) I	(参考) II	III (S-2 相当)	IV (S-1 相当)
対策判断			要注意	必要	必要 (緊急)
試掘調査結果	管外観の変状		あり	あり	あり
	健全カバーコートかぶり厚	12mm より大きい	10mm より大きく 12mm 以下	10mm 以下	10mm 以下
	PC 鋼線 (露出)	-	-	-	あり
	PC 鋼線 (発錆)	-	-	あり	全面的にあり
	PC 鋼線 (破断)	-	-	-	あり
非破壊調査結果	【超音波法】 健全カバーコートかぶり厚 ① 10mm 以下 (劣化) ② 10mm より大きく12mm 以下 (要注意) ③ 12mm より大きい (健全)	電磁誘導法: ③ かつ超音波法: ③	電磁誘導法: ② または超音波法: ② ※ただし, III, IV を 除く	電磁誘導法: ① かつ超音波法: ③ または 電磁誘導法: ② かつ超音波法: ① か②	電磁誘導法: ① かつ超音波法①か②
	【電磁誘導法】 PC 鋼線の発錆等の状況 ① 発錆・破断の可能性あり (劣化) ② 発錆の可能性あり (要注意) ③ 発錆なし (健全)				

(機構の「PC 管本体の劣化調査に関する調査・診断マニュアル (案)」より)

表-6 健全度評価別施設延長

健全度評価	対策内容	左岸幹線水路		用水路・支線用水路	
		PC 管 延長	PC 管以外 延長	PC 管 延長	PC 管以外 延長
S-1	更新	2,702m	-	532m	-
S-2	補強	345m	-	4,614m	-
S-3	補修	410m	-	4,140m	-
S-4	要観察	700m	-	3,829m	-
S-5	対策不用	444m	852m	11,507m	62,022m
計		4,601m	852m	24,622m	62,022m

4.3 性能低下予測

PC 管の劣化は鉄筋コンクリート構造物と同等な経年劣化傾向を示すと仮定し、標準的な「単一劣化曲線」を用いて、図-5 のように性能低下予測を行った。

なお、性能低下予測に係る評価時点は平成 19 年度とし、暫定通水を開始した昭和 55 年度を起算としている。

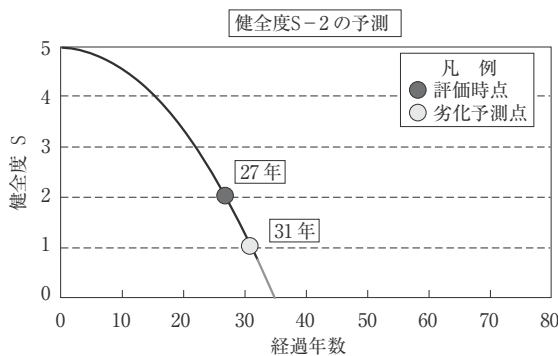


図-5 健全度 S-2 の性能低下予測

5. PC 管の保全対策

5.1 機能保全対策の検討 (補修・補強工法選定・シナリオ検討)

5.1.1 対策工法の選定

浸食性因子等を劣化要因とする健全度 S-1 及び S-2 の調査ユニットは、布設替え又は管更正による対策とし、管継ぎ手部の機能低下を劣化要因とする健全度 S-3 の調査ユニットは、継ぎ目の止水工法による対策とした。また、健全度 S-4 及び S-5 の調査ユニットは経過観察とした。

5.1.2 対策時期

機能診断実施時点から向こう 40 年間を対象に、調査ユニット毎に上記の対策工法と実施時期を検討し、複数の対策シナリオを作成した。一例を図-6 に示す。

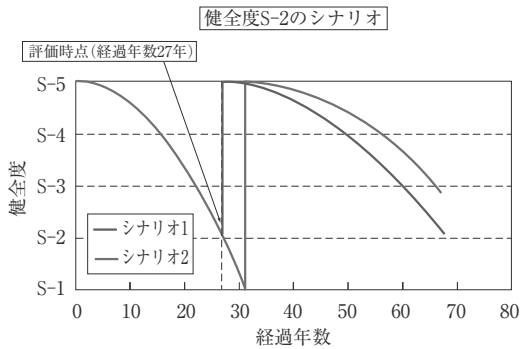


図-6 健全度 S-2 のシナリオ

5.2 機能保全コストの算定

作成した複数のシナリオ毎に機能保全コストを算出し、それぞれの経済比較を行った。一例を図-7に示す。

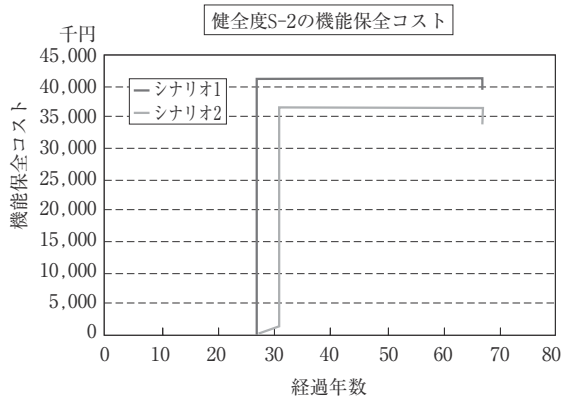


図-7 健全度 S-2 の機能保全コスト

5.3 機能保全計画の策定

上記の複数シナリオのうち、実施可能で最も経済的で合理的なシナリオを最適シナリオとし、一連の健全度評価等も含めて機能保全計画としてとりまとめた。

なお、機能保全計画には今後の調査計画も盛り込んでおり、機能保全計画の精度向上を図ることとしている。

6. 利水者等と連携した計画策定と新規事業化

以上の取り組みは、土地改良区をはじめとする関係利水者や関係県と情報共有しながら議論してきた。このことで今回策定した機能保全計画は関

係者の意見も反映した計画となっている。

また、本計画で健全度を S-1 又は S-2 と評価した調査ユニット約 8km は、緊急的な対応が必要なことから新規建設事業により対策することとし、着工法手続きを了する本年秋口から平成 26 年度までの間に更新を行う予定である。

7. おわりに

今回、右岸地区の管水路を対象に、劣化診断により施設の健全度を評価するとともに、保全対策を検討して機能保全計画を策定したが、今後の課題として次のことに取り組んでいく予定である。

一つは、性能低下予測の精度向上である。今回の性能低下予測は鉄筋コンクリート標準劣化予測を用いているが、今後とも定期的に劣化診断を行うことで予測精度の向上を図り、機能保全計画で整理した対策時期と対策内容を逐次点検していく予定である。

二つは、PC 管の劣化要因の検証である。今回の調査で浸食性因子とカバーコート中性化の関連を確認しているが、新規建設事業で更新する既設 PC 管を対象に関連を確認し、さらに明確化していく予定である。

今後も、引き続き、土地改良区をはじめとする関係利水者や関係県と情報共有し連携して進めていく予定である。

最後に、これら一連の調査や計画策定にご協力いただいた関係者の方々に深く感謝申し上げます。本稿が同様の課題を生じている他地区の参考になれば幸いです。

参考文献

- 1) 農林水産省関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所保全対策センター：農業水利施設ストックマネジメントマニュアル（平成 19 年 3 月）
- 2) 独立行政法人水資源機構：PC 管本体の劣化に関する調査・診断マニュアル（案）（平成 21 年 6 月）
- 3) 独立行政法人水資源機構中部支社：委託支線の安全確保と長寿命化に向けた検討 報告書（平成 19 年 3 月）
- 4) 竹中 実：老朽化した PC 管の判定と対策について（木曾川右岸地区の事例から）、農業農村工学会誌 76 巻 1 号