

# 管水路における管路更生工法の 適応性と評価について —試験施工初年度目の事例—

小樽開発建設部 農業開発課

○佐々木 文華  
今野 秀一  
前田 昌則

FRPM管等のとう性管における管路更生工法（パイプインパイプ）による補修及び補強については、これまで施工実績が少なく、適応性の検証が必要となっている。

本報告は、国営かんがい排水事業「共和地区」により造成された管水路においてストックマネジメント技術高度化事業で実施した管路更生工法の試験施工について、工法選定、設計と施工管理、施工状況及び今後のモニタリング計画の考察を報告するものである。

キーワード：長寿命化、基礎技術、設計・施工

## 1. はじめに

### (1) 管水路の維持管理についての課題

現在、全国の基幹的な農業水利施設のうち、農業水利ストックデータベースに登録（平成28年12月時点）されている管水路の延長は、約12,000kmに及んでいる。

また、これら施設の相当数は、昭和40年代から本格的な整備が始まり、標準的な耐用年数40年を超過するなど老朽化が進行し、施設の機能低下や突発事故が懸念されている。

今後は、施設の監視・診断等を計画的に行うことにより、施設の長寿命化とライフサイクルコストの低減を図る戦略的な保全管理の推進が課題となる。

### (2) 試験施工の必要性

下水道分野においては、老朽化対策を目的として開発、適用されてきた管路更生工法による補修、補強や継手部の漏水対策が増えている状況にある。しかし、農業用パイプラインは下水道施設と異なり、圧力管であることや、スタンド等点検口間の延長が長いこと、路線に屈曲部や傾斜部が多いこと等の特徴があることから、下水道分野の技術をそのまま適用するのではなく、その特徴を踏まえた工法の選定や施工が必要となる。

一方、共和地区の共和用水路は、造成後、30年近く経過し耐用年数も近く迎えるにあたり、一部施設の機能低下や老朽化が懸念されることから、ライフサイクルコストの低減を図るべく管路更生工法等による対策が求められている。

以上から、試験施工を行いモニタリング調査を通じて工法の適応性の検証が重要となっている。

## 2. 試験施工の概要

### (1) 施工位置の概要

今回試験施工を行う共和用水路（FRPM管φ600）は、国営かんがい排水事業「共和地区」にて昭和62年から平成7年にかけて造成された総延長4.6kmの送水系パイプラインである。施工位置は、岩内郡共和町で、位置図を次に示す。



図-1 試験施工位置図

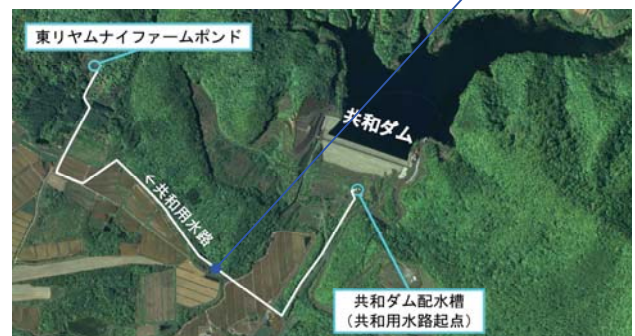


図-2 試験施工位置図（空中写真）

(2) 管路更生工法について

管路更生工法とは、既設管内面に新たに管を構築し、管路の耐荷性や通水性等を回復または向上させる工法のことをいう。管路更生工法は図-3に示すとおり、構造上の分類として、「ライニング管」、「二層管」、「複合管」、「自立管」に区分され、構成、材料、施工方法等から、“反転工法”、“形成工法”、“製管工法”、“鞆管工法”に分類される。通常、既設管の耐荷性が見込めない場合、自立管が選定される。一方、継手部からの漏水や管体にピンホールが生じて漏水する場合は、管体の部分的な損傷であり、経済面からライニング管、二層管または複合管が選定されることが多い。

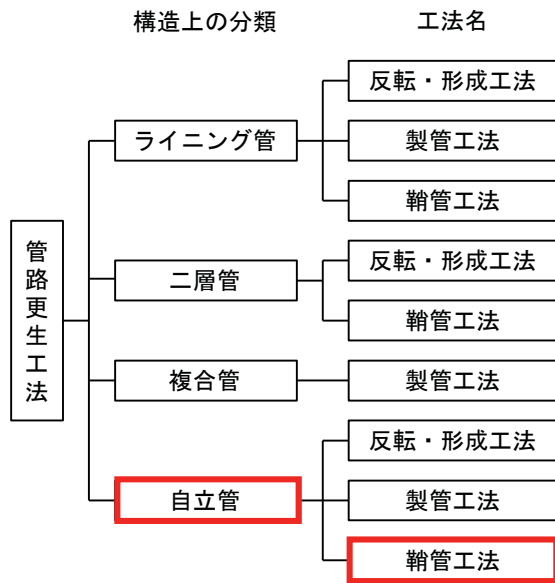


図-3 管路更生工法の分類

(3) 工法の選定

管路更生工法には、多数の工法があるが、今回の現場条件（既設管：FRPMφ600、施工延長：約20m、設計内圧：0.4MPa）に適応可能な工法を表-1のとおり抽出した。工法の選定にあたっては、更生材料の信頼性、運搬時の材料管理、経済性の他、次の理由により「鞆管工法－パイプインパイプ工法」を選定した。

- 反転・形成工法は、下水道のように既設マンホールがあれば、更生資材を管内挿入するまでの取扱いが容易なシート状の材料を用いるのが有利である。しかし農業用パイプラインは、管内挿入できる附带施設がなく施工する際には、掘削により管体を露出させる必要がある。
- 鞆管工法は、掘削を伴う場合、更生資材搬入寸法の自由度が大きくなる。この点を活かして更生管長を長く取ることができれば、施工性、経済性に優位となる工法である。
- 鞆管工法は、他の工法と違って、管路更生に必要な設備（更生材の形成(膨らませる)設備、更生材の硬化設備等)や管路更生の品質管理(形成時の内圧管理、硬化材の温度管理等)を必要とせず、施工性や管路更生後の品質にばらつきが少ない。
- 更生管の管種には、FRPM管やダクトイル鋳鉄管等があるが、これらは管の接合作業が必要で、作業スペースの関係から内面接合となり施工性に難がある。これに対し今回採用した農業用高密度ポリエチレン管（以下“PE管”と称す）は、管体融着により一体化性を有し継手部が無いいため、内面接合作業が不要で他の管種より施工性に優れる。

表-1 管更生工法比較検討表

工法	施工方法	工法名称	立坑寸法	施工ヤード寸法 (トラック、資材置場等)	施工日数 事前準備～ 後片付	実内径	水理性能 ※1	更生材料に対する信頼性 ※2	更生材料の運搬管理 ※3	直接工事費(円)	採用
			発進側 到達側							既設φ600用 L=20m 自立管	
鞆管工法	鞆管	パイプインパイプ工法 (PE管)	11.0×2.0 3.0×2.0	25.0×4.0	5日	17.2mm φ415.6mm	○	◎	○	4,487,000	採用
反転工法	反転 熱硬化	インシチュフォーム工法 (ガラス繊維有)	3.5×5.5 3.5×5.5	25.0×5.0	3日	21.0mm φ558mm	○	○	△	7,096,000	
	反転 熱硬化	ホースライニング工法	3.0×3.0 3.0×3.0	35.0×3.0	7日	5.0mm φ583mm	○	○	△	4,600,000	
	反転 熱硬化	ノーディパイプ工法	8.0×3.0 3.0×3.0	40.0×3.0	3日	13mm φ574mm	○	○	△	5,479,000	
形成工法	形成 連続管型	サブライン工法 (PE管)	9.0×2.0 4.5×2.0	25.0×4.0	10日	20mm φ555mm	○	◎	○	9,066,000	

※1 本地区の水理ユニットにおいて管更生(内空断面の縮小)を行った場合の判定。表中の○は水理ユニットに影響を及ぼさないことを言う。

※2 下水道など、施工実績が多いものは○、さらに更生材自身が用水管として利用できるものは◎とした。

※3 更生工法の一般的な材料はシート状のものであるが、運搬時の品質管理(熱硬化; 温度管理 光硬化; 日光の遮断)が必要なものは△とした。材料が管材のものは運搬時の材料管理が特に必要ないため○とした。

### 3. 設計と施工管理

#### (1) 設計

パイプインパイプ工法は、既設管の中に新管（既成管）を挿入する工法で、通常、既設管の座屈による偏荷重の防止等の観点から、既設管と更生管の空隙を充填する間詰めが行われる。しかしながら、間詰めは適切な施工管理のもと施工されなければ、エア溜り等により空隙が残ってしまう場合がある。今回採用したPE管は柔軟性があるため、偏荷重がかかったとしても、ある程度追従するものと想定される。このことから、今回の試験施工においては、経済性と施工期間の短縮のため、「間詰めなし」の計画とした。

本試験施工では、農業用パイプラインの管材として施工実績がある「PE管」を挿入するため、管路更生工法の設計はPE管本体に関する以下の項目について検討した。

- 1) 更生管径及び更生管の管厚の決定
- 2) 当該地区の水利システムに対する影響の検証
- 3) 間詰め材を施工しないことによる更生管 (PE管) の軸方向伸縮に対する検討
- 4) スペース中間部でのたわみ量の検討
- 5) PE管の自立管としての管体構造計算

#### 1) 更生管径及び管厚の決定

パイプインパイプ (PE管) 工法における更生管径及び管厚決定までのフローを以下に示す。

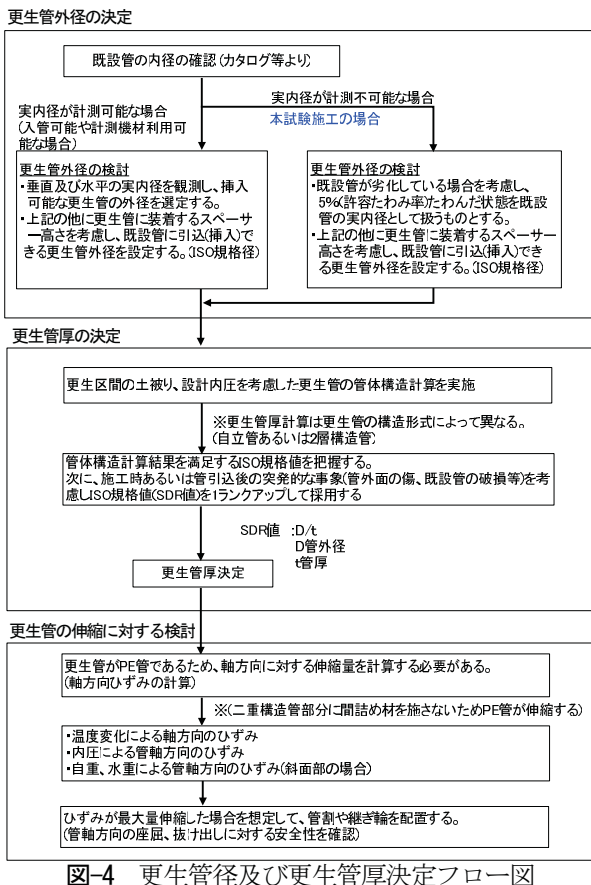


図-4 更生管径及び更生管厚決定フロー図

特に更生管外径の検討においては、既設管が劣化している場合を考慮し、5% (許容たわみ率) たわんだ状態を既設管の実内径とし、これにスペーサー高さを考慮して既設管に引込 (挿入) できる更生管外径を設定した。

以上より更生管は、「外径450mm、内径415.6mm、管厚17.2mm」 (ISO規格) を採用した。

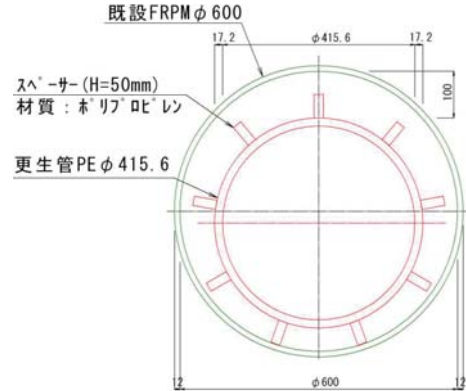


図-5 計画断面図

#### 2) 当該地区の水利システムに対する影響の検証

管路更生工法は、既設管の通水断面が縮小する工法であるため、水路全体の通水性能が低下する。このため、管路更生工法を採用する場合は、既設水利ユニットの水利計算チェックが必要となる。(ただし、既設管がコンクリート管の場合は、流速係数の改善が見込まれるため、断面縮小による能力低下と相殺される場合もある。)

図-6に水利計算チェック方法のフローを示すが、本試験施工区間においても本フローに従い検討し、水利システム上問題ないことを確認した。

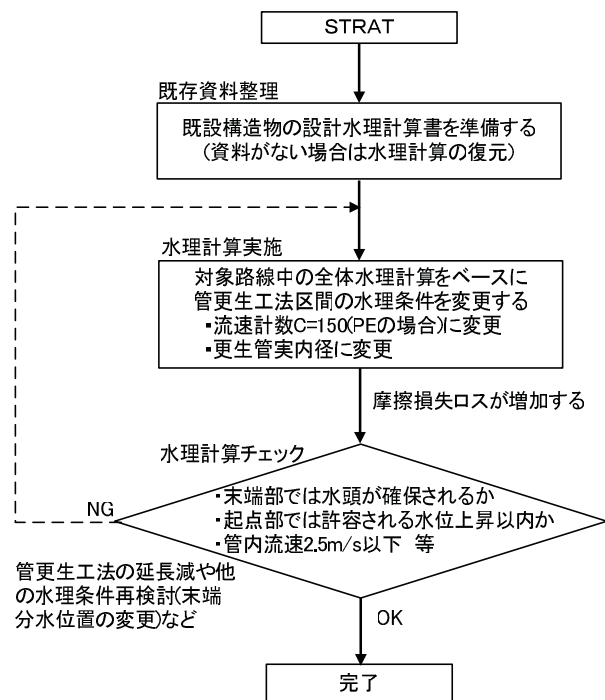


図-6 管路更生工法適用時の水利計算フロー図

3) 間詰め材を施工しないことによる更生管 (PE 管) の軸方向伸縮に対する検討

PE管は、温度変化や内圧により管軸方向に伸縮するため既設管接合部との取合いについて検討する。具体的には、継ぎ輪によりPE管の伸縮量を吸収できるかどうかを確認する。PE管が伸縮する場合のケース分けについて整理した表を、表-2に示す。

表-2 PE管が伸縮する場合のケース分け

項目	伸縮範囲	伸びMax	縮みMax
① 自重・水重による伸び	0 ~ +a	+a	0
② 温度による伸び・縮み	-b ~ +b	+b	-b
③ 内圧による縮み	-c ~ 0	0	-c
合計		+a+b	-b-c

計算した結果、管軸方向の伸びmaxは、「①+②=4.3cm」、縮みmaxは、「②+③=4.4cm」である。継ぎ輪の全長はL=70cmであり、伸びに対する余裕は20cm、縮みに対する余裕は25cmあるため、管軸方向の伸縮に対しては安全である。以下にPE管伸縮の概念図を示す。

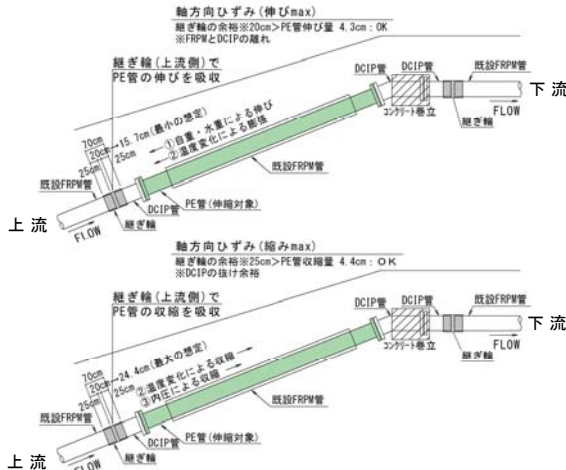


図-7 PE管伸縮の概念図

4) スペーサー中間部でのたわみ量の検討

今回、既設管と更生管 (PE管) の隙間を充填しないことから、図-8に示すスペーサー間 (支持間隔2m) でPE管にたわみが発生するため、たわみによるPE管の発生応力を求め、管の許容曲げ応力度以下であることを確認する。

計算の結果、PE管の発生応力が許容曲げ応力度以下であることを確認した。

【計算結果】

- PE管の発生応力0.34MPa < 許容曲げ応力度8.0MPa...OK

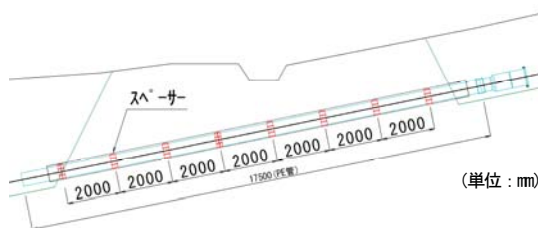


図-8 スペーサー設置位置図

5) PE 管の自立管としての管体構造計算

今回採用した「鞍管工法-パイプインパイプ工法 (PE管)」は自立管で、既設管の強度や剛性を期待せず、更生管に作用する外力に対し、期待される効果の持続期間に亘って自ら耐荷能力及び耐久性を保持する構造である。このため自立管設計は、新設管と同様に、たわみ率と発生応力の照査 (PE管の場合) によるものとする。

計算の結果、たわみ率および曲げ応力とも、許容値以下であることを確認した。

【計算結果】

- (呼び径: 400mm (管外径450mm)、管種: PE100)
- たわみ率2.71% < 5% (許容たわみ率)...OK
- 曲げ応力5.02MPa < 8.0MPa (許容曲げ応力)...OK

(2) 施工管理

一般的にパイプインパイプ工法の施工管理においては、更生管と既設管との隙間に注入する充填材 (裏込材) に対する管理が重要となる。しかし今回の試験施工では、間詰め材を施工しないことから更生管に関する施工管理のみとなり、施工管理項目は下表のとおりとした。

表-3 施工管理項目及び概要

施工管理項目	概要
高密度ポリエチレン管材料	ISO規格に準拠。浸出試験、内圧クリープ試験、熱安定性試験等の試験項目に合格した材料を使用。
管の接合	「北海道ポリエチレン協会」資料等によるボルトの締付トルク値管理。
管の融着	熱板の温度管理、ビートの幅・高さの測定管理等。
真空気密試験	管及び継手部接続部の気密性を規定圧内か確認。

4. 試験施工の実施

(1) 施工フロー

試験施工は、次の施工フロー図の手順で実施した。

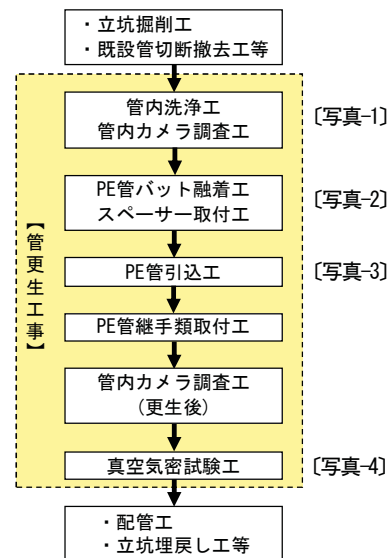


図-9 施工フロー図

写真-1～写真-4に、代表的な施工状況写真を示す。



写真-1 管内カメラ調査状況 (既設管内)



写真-2 スパース取付完了状況



写真-3 PE管引込状況



写真-4 真空気密試験状況

## (2) ひずみ計設置 [写真-5]

今後のモニタリング調査において、更生管 (PE管) の断面方向の変化、更生管の軸方向の伸縮を確認するため、管路更生工法下流側の更生管へひずみ計を設置した。



写真-5 ひずみ計設置状況 (埋戻前)

## 5. モニタリング計画

### (1) 今後の計画

前述したとおり試験施工においては、間詰め材を施工していない。この場合、通水時の流水等により更生管 (PE管) が既設管の中で揺動する可能性がある。また通水時の流量変化等により管体の膨張・収縮が予測される。したがって、モニタリングの内容は、これらの状況を検証することを主な目的とし、下表のとおり設定した。

表-4 モニタリング計画一覧表

No.	モニタリング項目	目的(検証内容)
1	ひずみ計測(静ひずみ)	更生管 (PE管) の断面的な膨張、収縮及び軸方向の伸縮を確認する。
2	ひずみ計測(動ひずみ)及び加速度計測	更生管 (PE管) の瞬時の動き(揺れ等)を把握する。
3	PEフランジ継手部の緩み確認	更生管 (PE管) の振動等によるボルトの緩み発生の有無を確認する。
4	既設管とPE管の隙間間隔計測	隙間間隔の変動を確認する。
5	管軸方向伸縮量計測	更生管 (PE管) の膨張、収縮による軸方向の伸縮量の確認を行う。
6	水理システムに関する確認	管路更生工法によりφ600mmからφ400に断面が縮小することによる水理性能の低下を検証する。
7	既設FRPM管とスパース接触部の変状確認	既設管 (FRPM管) の変状の有無を確認する。
8	PE管本体等の外観、内面目視	PE管本体の変状の有無を確認する。

