

管更生工法の適用に当たっての留意点

函館開発建設部 函館農業事務所 第2工事課

○岩渕 雄大

大口 正洋

三浦 颯太

国営緊急農地再編整備事業「今金南地区」は、農地の大区画化等に併せ既設用水路の管路化を実施している。

令和4年度工事における用水管路の河川横断にあたり、国営農地再編整備事業では適用事例が少ないホースライニング工法（管路更生工法）を採用した。

本報では、当該工法を選定するに至った経緯及び技術的な紹介を行うとともに、本事例を通じて明らかになった課題について報告する。

キーワード：農地再編整備事業、管更生工法、工法検討、施工事例

1. はじめに

(1) 地区概要

全国的に農業者の減少が問題となる中、今金町においても農業者は減少傾向にあり、農家戸数は平成22年305戸から令和2年239戸へ、10年間で約22%減少している。これに伴い、1戸あたりの経営面積は拡大しており、平成22年16.6haから令和2年23.7haへ、10年間で約42%増加している。

農家戸数の減少、戸当たり経営面積の拡大は今後も進展していくことが想定されているが、町内のほ場は50a未満のものが約8割を占め、小区画で不整形なほ場条件のため効率的な機械作業が行えていない状況にある。また、広範囲に分布する泥炭土壌等に起因した排水不良・地耐力不足により営農作業に支障が生じていることなど、経営規模拡大への対応に向けた課題が山積みであった。

このような社会情勢等を踏まえ、各種課題を解決するため、農地の区画形質の変更を中心に用排水路等のほ場

条件を総合的に整備し、担い手への農地集積・土地利用の整序化を図り、生産性の向上と耕作放棄地の解消・発生防止により優良農地を確保することを目的に、国営緊急農地再編整備事業「今金南地区」が実施されている。

（図-1）

(2) 河川横断箇所概要

本報では、図-2に示す位置の既設用水路河川横断工の改修を行った事例を紹介する。

当該施工箇所は、一級河川後志利別川水系馬場川に係る河道幅23.5mを横断する既設河川横断工（φ800コンクリート管45.5m、図-3参照）を対象に健全度評価を行い、改修等対策工を講じる計画としていた。

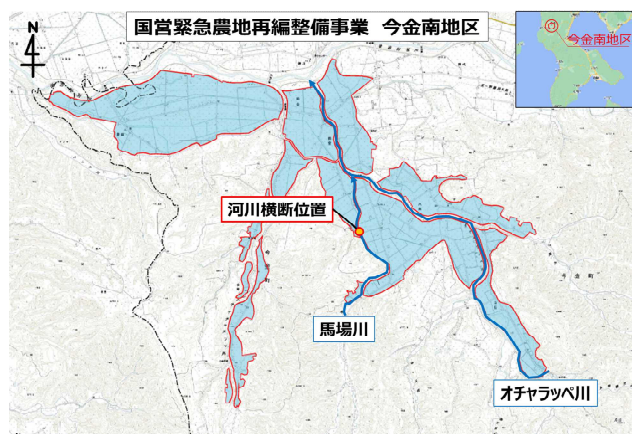


図-1 地区位置図及び平面図



図-2 河川横断位置図

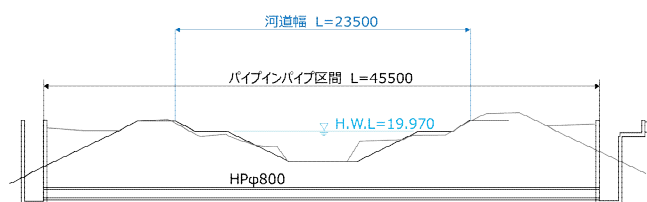


図-3 既設河川横断工側面図

2. 健全度評価及び工法検討（設計段階）

(1) 既設管内調査方法

既設管内水をポンプにて排水し、ドライにした後、カメラ調査を行った（図-4 参照）。調査結果については、コンクリート管の状態評価基準が詳細に定められている「ストックマネジメント手法を踏まえた下水道長寿命化計画策定に関する手引き（案）平成25年9月 国土交通省水管理・国土保全局下水道部」を参考に、管の腐食や上下方向のたるみ、不良発生率（侵入水、クラック、破損、モルタル付着の状況）をもとに評価を行った。

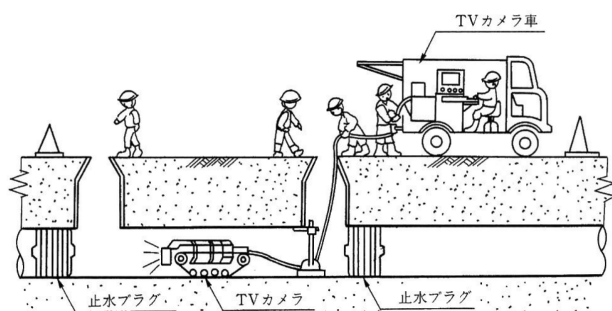


図-4 TVカメラ調査概要図

(2) 既設管内調査結果

侵入水、クラック、破損、モルタル付着等、数カ所確認され、判定結果は「健全度：3、緊急度：III（対策工を実施する必要がある）」という評価となった。

他方、管の屈曲や段ズレは当該調査にて確認されず、上下流端部の標高が同一であったため、既設管は水平に敷設されているものと判断された。

(3) 工法検討

本地区では、コスト削減のため既設管の有効利用を中心に工法の検討を行い、既設管内調査結果より、パイプインパイプ工法の適用が可能と判断した。なお、他の工法として開削工法、水管橋の検討も行ったが、いずれも経済性に劣ることから、パイプインパイプ工法による施工を採用した。なお、管種については、使用実績や耐震性を考慮し、ダクトイル鋳鉄管（PN形）を採用することとした。

3. 施工前調査による現地条件の変更

(1) 施工前管内調査

施工に先立ち、既設管内の詳細状況を確認するため、下流端部樹から管内に滞留していた水をポンプアップし、目視にて既設管を確認した。

下流端から排水を行ったところ、上流側管内に水の滞留が見られた（図-5）。設計業務時点の管内カメラ調査によると、管内に段ズレ等は確認されておらず、管の

上下流端部も同一標高であったことから、滞留の原因として、管内が屈曲し、上部に盛り上がっていることが考えられた。

管内の屈曲点を特定するため、ノンプリズム光波測量機器を用い測定した結果、下流側から22.8m地点に屈曲点があり、そこを頂点に両端に向かって一定の勾配で下がっていることが判明した。

屈曲点から一定勾配で下がっていること、またスパン全体で不等沈下を要因とするような管の破損も生じていないため、半川締め切りによる施工時、接続部で管の高さを合わせたことが屈曲を生じた原因と考えられる（施工時の資料が残されていないため詳細は不明）。

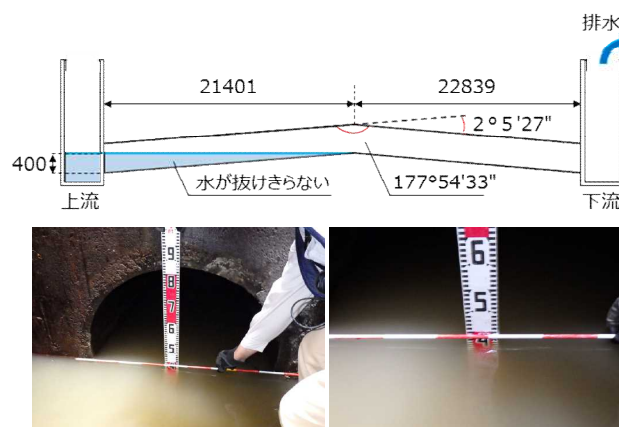


図-5 水の滞留状況（概要図・写真）

(2) 屈曲管へのパイプインパイプ工法の適用可否

屈曲点の角度は $177^{\circ}54'33''$ であり、既設管 $\phi 800$ に対し更生管 $\phi 600$ を挿入すると、図-6のとおり、屈曲部で干渉することが確認された。ダクトイル鋳鉄管については、継手部にある程度の許容曲げ角を有しており、更生管に用いることとしていた $\phi 600$ PN形の場合の最大許容曲げ角は 4° であった。一方、角度の小さな屈曲点を可とう性継手を用いて調整する場合の継ぎ手の設計曲げ角度は、その継手の最大許容曲げ角度の $1/2$ 以内とする¹⁾とされていることから、施工は不可能と判断した。

また、更生管の管径を小さくすることで対応することも検討したが、必要な通水量を確保することが出来ないことから、パイプインパイプ工法による施工を断念した。

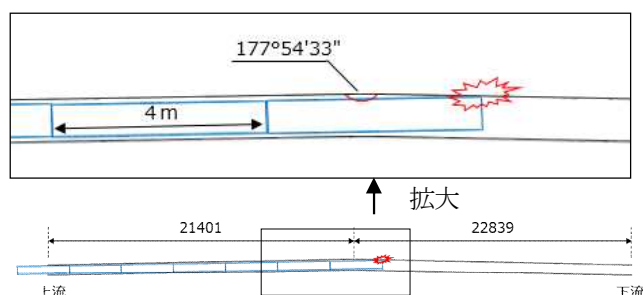


図-6 既設管と更生管の干渉

（ $\phi 800$ 既設管に $\phi 600$ ダクトイル鋳鉄管（4m/本）を挿入）

4. 現地条件を踏まえた工法検討

(1) 各工法の再検討

パイプインパイプ工法の適用が不可能であったため、設計業務時にパイプインパイプ工法と並び検討されていた推進工法等の適用を再検討したが、既設管撤去による経済性の不利や、河川協議の大幅な変更を伴い、予定工期内に施工が完了できないことから、既設管利用が可能で、かつ河川協議への影響も軽微（工法及び更生管の管種変更のみ）な他の管更生工法の適用可否について再検討を行った。

管更生工法は、反転工法、形成工法、製管工法に大別される。このうち製管工法については、他の工法が1工区/日の施工量であるのに比較し、人力施工を伴い日進量が少なく割高となることが明らかなことから、検討より除外した。

その上で、設計圧力、管の屈曲に対応可能かどうかという2項目により工法を6工法（シームレス工法、ポリエチレン・コンパクトパイプ工法、SGICO工法、インシチュフォーム工法、オールライナー工法、ホースライニ

ング工法）に絞り、さらに各工法の適用範囲（既設管の管径や管種）、仮設の規模等を勘案し、工法を選定した。なお、これらの工法は官民連携新技術研究開発事業「管路更生工法の性能規定化における照査技術の開発（2013）」において、内圧実験や模擬管路実験を実施、農業用用水管路への適用が可能である工法とされている。

(2) 各工法の検討結果

検討結果は以下の通り、

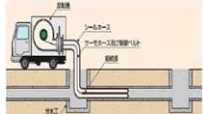
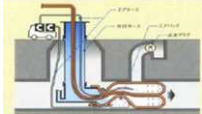
①適用可能既設管管径の制約からシームレス工法、ポリエチレン・コンパクトパイプ工法は適用不可

②現地の仮設規模の制約から、反転タワーや反転ステージが必要となるSGICO工法、インシチュフォーム工法、オールライナー工法は適用不可

であり、採用可能な工法が「ホースライニング工法」に絞られた（表-1 管更生工法比較）。

最後に、推進工法、半川締め切り工法と実現可能性の可否判断及び経済性の比較等を行い、経済性の観点からもホースライニング工法が最適であるという結論に至った（表-2 他工法比較）。

表-1 管更生工法比較

種類	反転工法		
工法名	ホースライニング工法	SGICO工法	インシチュフォーム工法
施工方法概要	 内面に熱硬化性樹脂を含浸させたポリエステル繊維系織物のライナーを空気圧によって既設管内に反転挿入し、樹脂を蒸気硬化させることでより更生管を形成する。	 フェルト製ライナー材に熱硬化性樹脂を含浸させ、既設管の内部に水によりシールした後、空気圧で反転挿入させ、次に温水シャワーにより熱硬化させ更生管を形成する。	 フェルト製ライナーの内部に熱硬化性樹脂を含浸させた素材を、既設管内に水圧で反転させて挿入し、反転に使用した水をボイラーで加熱して硬化させ、更生管を形成する。
適用範囲	対応既設管管径 φ200mm～φ1000mm	φ200mm～φ2100mm	φ200mm～φ1500mm
判定	内水圧	1.0MPa	1.0MPa
	既設管管径(φ800)	○	○
	内水圧(0.205MPa)	○	○
	仮設	車載設備使用	反転ステージの設置必要
	近隣への対応	-	温水加熱による産廃水の処理必要
総合判定	○	△ (仮設の大規模化・産廃水の処理)	△ (仮設の大規模化・産廃水の処理)

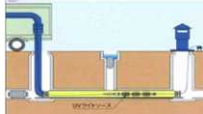
種類	形成工法		
工法名	シームレスシステム工法	オールライナーZ工法	ポリエチレン・コンパクトパイプ工法
施工方法概要	 光硬化性樹脂を含浸させた特殊ガラス繊維の更生材を更生管内に挿入し、空気圧で拡張して既設管内壁に押し、UVを照射して樹脂を硬化させ、更生管を形成する。	 熱硬化性樹脂を含浸させたライナーホースを既設管内に引き入れた後、ライナーホース内に水圧をかけて成形し、ホース内の水を加熱・循環して樹脂を硬化させ、更生管を形成する。	 ドラムに巻いたC型形状の高密度ポリエチレン性のパイプを既設管内に引き込み、蒸気加熱と圧縮空気により円形に復元させ既設管に密着させ、更生管を形成する。
適用範囲	対応既設管管径 φ200mm～φ600mm	φ150mm～φ1000mm	φ200mm～φ350mm
判定	内水圧	0.5MPa	0.5MPa
	既設管管径(φ800)	×	×
	内水圧(0.205MPa)	○	○
	仮設	車載設備使用	車載設備使用
	近隣への対応	-	-
総合判定	×	△ (仮設の大規模化・産廃水の処理)	×

表-2 他工法比較

工 法	推進工法	半川締め切り工法	ホースライニング工法	パイプインパイプ工法(参考)
実 現 可 能 性	・協議に相当の期間を要する △	・協議に相当の期間を要する ・施工ヤードの制約(近くに橋) ×	・協議内容の軽微な変更(更生管の管種変更) ○	・既設管状況により不可 ×
概 算 額	39,000千円	-	36,000千円	33,000千円
判 定	×	×	○	×

(3) ホースライニング工法の特徴²⁾

ホースライニング工法は熱硬化性樹脂を含浸させた更生材（シールホース）を圧縮空気によって既設管内に密着させながら反転挿入し、圧縮空気から蒸気に切り替えて熱硬化させることで、既設管内に新しい更生管（シールパイプ）を構築する工法である。また、車載設備のみで施工が可能であり、反転ステージ等の仮設が不要である点が他の工法と異なる。図-8に反転の原理を示す。

ホースライニング工法の特長は以下の通り。

①広範囲への適用が可能

既設管径100mm～1,000mmまでの鉄筋コンクリート管、PC管、陶管、鋼管、石棉管等に適用が可能。

②対象配管の状況にも柔軟に対応

段差や隙間、屈曲、滞留水がある管路への施工も可能であり、施工延長も標準150～300m（使用材料、施工条件による）の施工が可能である。

③実績のある耐内圧性能

ホースライニング工法はガス・水道分野で多くの実績があり、高い耐内圧性能が実証されている。

④管路の通水能力の向上

新しく形成されたシールパイプ（更生管）は、薄肉で管径縮小が少なく、表面が滑らかなため通水能力が向上する。（流速係数150）

⑤管路の補強と耐震性の向上

強靱なシールパイプ（更生管）が構築され、管路を補強すると共に、高い引張強度と十分な伸びを有しているため耐震性が付与される。

⑥漏水・浸入水の防止

完全水密で継ぎ目のないシールパイプ（更生管）を管路内面に構築するため、既設管の継手部などからの漏水・浸入水を防止する。（施工時は止水が必要）

⑦耐薬品性、耐摩耗性

シールパイプ（更生管）は優れた耐薬品性、耐摩耗性を有している。

⑧優れた施工性と経済性

空気反転では車載化された機動性のある反転機車を用いて、立坑等から曲管を含んだスパンでも一度に施工が可能である。

図-9にシールパイプの構造を示す。

(4) 更生材の選定

健全度評価にて確認されたクラックや破損等が進行することによる既設管の耐荷能力低下を見越し、既設管の強度を期待しない自立管を採用することとした。ホースライニング工法に用いるシールホース（熱硬化性樹脂を含浸、硬化させパイプを形成する材料）は3種類あり、そのうち自立性を有し、管径に適用するものを採用した。（表-3 シールホースの種類と特徴）

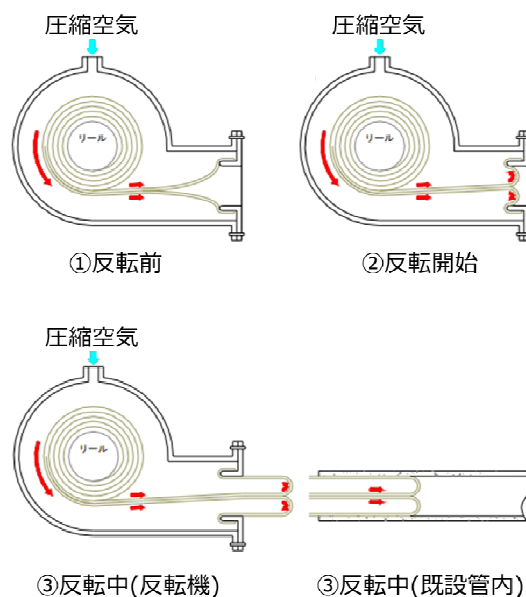


図-8 反転の原理

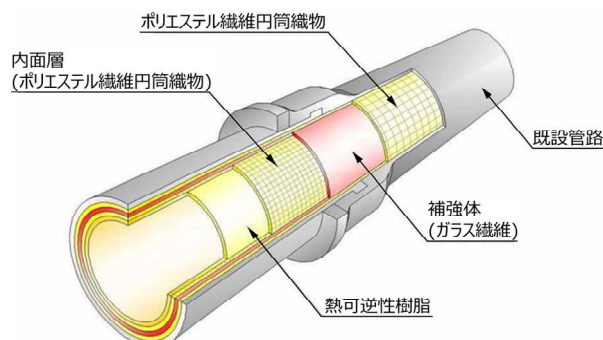


図-9 シールパイプの構造

表-3 シールホースの種類と特徴²⁾

項目		種類	A F	A H X	A F M
適用口径 (mm)			200～1,000	100～600	200～1,000
構成	補強層	—	ガラス繊維		—
	補強体	ポリエステル不織布	ポリエステル繊維円筒織物		
	内面層				
	被覆材	熱可塑性樹脂			
硬化性樹脂			不飽和ポリエステル樹脂		
短期曲げ強さ (N/mm ²)			45	50～120	230
短期曲げ弾性率 (N/mm ²)			2,200	2,300～5,000	13,000
短期引張強さ (N/mm ²)			20	70～130	210
適用管種	鋼管	△	○	○	
	鋳鉄管	△	○	○	
	モルタルライニング管	○	○	○	
	ビーム管	○	○	○	
	石棉管	△	○	○	
他の特徴	漏水防止	△	○	○	
	赤水対策	○	○	○	
	防錆・防食	○	○	○	
	耐震性	○	○	○	
	保形性	○	○	○	
	自立性	△	○	○	

○：適用可能 △：条件により適用可能 ×：適用不可

(5) 施工状況

施工は大まかに、①反転機への資材セット、②圧縮空気による既設管への加圧反転挿入、③蒸気による加熱を行い硬化、④端部処理という流れで行われる。施工状況を写真-1に示す。

施工後に管内を目視確認した結果、既設管の形状に追従する形で仕上がっており、パイプインパイプ工法では施工が不可能であった屈曲部における敷設状況も問題なかった。

5. 事例を踏まえた課題と対策

既設管内の段ズレについては、管内カメラ調査により比較的容易に判別することが出来るものの、本事例のように少量の屈曲の場合は判別が難しいことが分かった。

また、既設管の上下流端が同一標高であるため、直線配管になっているはずだという思い込みも、屈曲を見つける妨げになったと考えられる。

カメラ調査で見落とすような少量の屈曲であっても、パイプインパイプ工法の適用可否に大きく関わり、工法の見直しやそれに伴う資材発注、管理者との協議など、工事に与える影響が非常に大きい。

このような課題への対策として、既設管調査の際は既設管の両側から水を抜いてドライにするのではなく、片側からのみ水を抜き、全て排水できるか確認（管内勾配が一定であり、途中上下方向の屈曲が無いことを確

認）することや、光波測量機器による測量を併せ行うことで、屈曲がないことを確実に確認するといった調査手法とすることが有効であると考える。

6. おわりに

パイプインパイプ工法は安価で施工も容易であり、更生管が工場製品であることから施工後の信頼度も高いため、既設管を活用しコスト削減を図るような現場で採用されることが多い。一方で、既設管内に段ズレ、屈曲があると、既設管と更生管のそれぞれの管径によっては適用ができないという欠点もあるため、このことを念頭に入れた調査及び工法の検討を行うことが必要である。

謝辞：管更生工法に係る技術的な資料提供等、御協力いただいた芦森エンジニアリング株式会社に感謝する。

参考文献

- 1) 農林水産省
：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」
- 2) パルテム技術協会
：ホースライニング工法技術資料（農業用水編）

①反転機への資材取付



②挿入準備



③加圧反転挿入



④蒸気による熱硬化



⑤硬化完了



⑥端部処理



写真-1 ホースライニング工法の施工状況