

# 北海幹線用水路空知太暗渠工の機能診断調査 及び補修設計の事例

札幌開発建設部 岩見沢農業事務所 ○小林 裕  
松本 和也  
齊藤 寿志

国営かんがい排水事業北海地区の主要構造物である北海幹線用水路空知太暗渠工は、造成後50年以上が経過し、老朽化が進行している。このため、機能診断調査により機能評価を行い、ライフサイクルコストの縮減に配慮した機能保全対策を策定した。本報告では、機能保全対策に基づいた補修設計及び施工計画について報告するものである。

キーワード：機能診断調査、長寿命化、ライフサイクルコスト、設計・施工

## 1. はじめに

### (1) 地区概要

北海地区(図-1)は、北海道岩見沢市外4市2町1村にまたがる27,002haの農業地域で、水稻を中心に、水田の畑利用による小麦、大豆等の畑作物のほか、たまねぎ、はくさい等の野菜類及び花き類を導入した複合経営を展開している。本地区では、国営美唄土地改良事業(昭和32年度～昭和54年度)等により用水施設が整備された後、国営空知中央土地改良事業(昭和54年度～平成20年度)等により代かき期間の短縮や深水かんがいに必要な用水の確保と、それに併せて用水施設の整備が行われた。

しかし、北海頭首工、北海幹線用水路及び岩見沢幹線用水路の一部は、造成後約40年以上を経過し、老朽化に伴い構造的に不安定な状況にあることから、維持管理に多大な経費を要している。

このため、本事業では頭首工及び幹線用水路を整備し、農業用水の安定供給及び維持管理の軽減を図り、農業経営の安定と地域農業の振興に資するものである。

本報告では、北海幹線用水路の主要構造物のひとつである空知太暗渠工の機能診断調査及び補修設計の事例について報告するものである。

### (2) 空知太暗渠工の概要

調査設計対象施設である空知太暗渠工は、北海幹線用水路上流部の砂川市に位置する。1966年(昭和41年)に国営美唄土地改良事業により整備されたRC二連ボックスカルバート構造の暗渠工(内空B4.0m×H3.5m×2連)である(図-2)。

市道駄馬の沢線を横断する駄馬の沢水路橋の上流側(空知太第1暗渠工 L=202.36m)、下流側(空知太第2暗渠工 L=508.12m)の2区間に設置されている。



図-1 施設位置図(事業概要図)

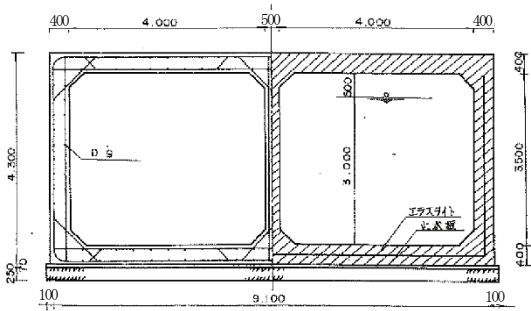


図-2 空知太暗渠工の断面形状

## 2. 保全管理の基本的な考え方

### (1) 施設の機能保全管理

農業水利施設の機能保全是、従来、施設の劣化進行に伴う性能の著しい低下や営農形態の変化等に伴う施設改良の必要が生じた時点で、全面的な更新整備を行うことが一般的であった。

近年は、老朽化が進む施設の増加に対応するため、機能保全コストの節減が求められていることから、劣化予測を行い、管理水準（性能低下の許容下限の水準）を下回る前に適切な補修・補強・更新の対策を取ることにより、耐用年数を効率的に延伸させて施設の長寿命化を図る管理手法が取られている（図-3）。

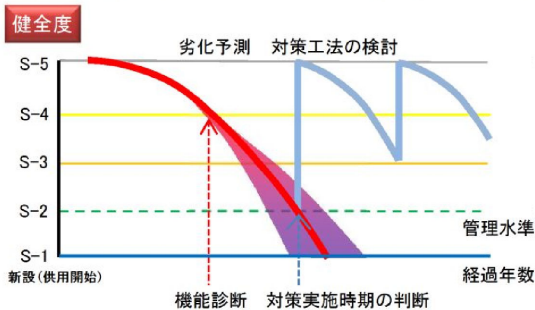


図-3 健全度指標による機能保全管理<sup>1)</sup>

### (2) ライフサイクルコストの縮減

施設の性能低下を許容し得る範囲内に維持するため、定期的な機能診断と継続的な施設監視により施設の状態を把握するとともに、機能評価を行い、施設機能を維持するため、性能低下が管理水準を下回るまでに適切な対策を施していく必要がある。

そのためには、将来の施設の劣化状態を予測し、その時点で必要な対策工法を選定し、実施する計画を立案するが、いくつかの組合せの中からライフサイクルコストを比較し、最も適切なシナリオを選択することが必要である。

農業水利施設のストックマネジメントの比較検討は、一定期間に発生する対策工事に係る費用、維持管理に係

る費用等のコストの総額（機能保全コスト）を算出し、最も安価となるシナリオを選定することでライフサイクルコストの縮減を図るものである（図-4）。

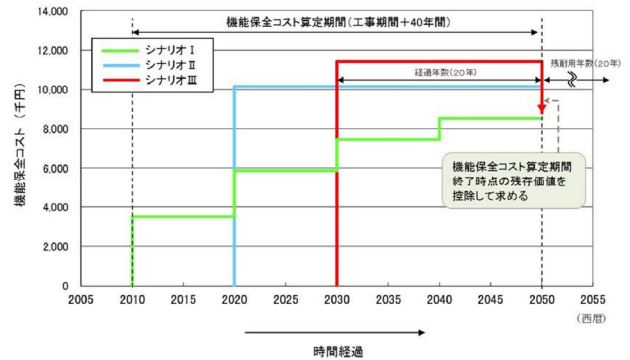


図-4 機能保全コストの比較<sup>1)</sup>

## 3. 暗渠工の劣化要因と健全度評価

### (1) 機能診断調査

本施設の機能診断調査は、平成26年度の基本設計業務及び令和3年度の実施設設計業務において実施している。平成26年度の調査では、暗渠工全体に発生している劣化及び変状について、グループ化を行い、代表バレルの直接目視調査及び各種の詳細調査を実施し、令和3年度の調査では、全バレルの直接目視調査と劣化状況の進行を確認するために詳細調査を実施した。

### (2) 暗渠工の主な劣化要因

#### a) 通水摩擦

通水による摩擦により側壁及び底版のコンクリート表層のモルタル分が流失し、骨材露出が発生している。

#### b) 鉄筋露出、中性化

暗渠内の側壁及び隔壁の鉛直方向に配置された主鉄筋に沿って、表面コンクリートが剥離し（図-5）、鉄筋の露出が確認された。要因としては、コンクリート表面の中性化が進むとともに、鉄筋付近のコンクリートのアルカリ分が溶脱し、鉄筋の発錆による膨張作用圧力により表面コンクリート部に浮きや剥落が発生したものと考えられる。



図-5 鉄筋腐食に伴うコンクリート剥落

c) 目地の脱落、湧水

頂版及び側壁の目地は、暗渠工のほとんどのバレルにおいて、経年劣化による目地材の抜け出しが確認され、暗渠工の背後から内部へ滲出水が有り、目地幅は一定になっていない状況が確認された(図-6)。



図-6 目地の脱落、湧水

d) ひび割れ

ひび割れは、点在している程度で少ないが、多くは頂版で発生している(図-7)。多くがひび割れ幅0.2mm以下の小規模なものであり、主にコンクリート打設、養生時の温度ひび割れや乾燥収縮等により発生したものと考えられる。



図-7 乾燥収縮ひび割れ(頂版)

e) 凍害

暗渠工呑吐口部において、背面土の凍上圧により押し出されて頂版上部の土留め壁が水路内に崩落している(図-8)。また、凍害による剥離・剥落が確認された。



図-8 呑吐口部の崩落(背面土の凍上圧による崩壊)

(3) 暗渠工の健全度評価

現地調査の結果から発生している変状とその劣化要因及び進行度を把握し、健全性の評価を行った。

健全度評価は、“農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」の鉄筋コンクリート開水路の施設状態評価表”に準じてバレル毎に評価した。

空知太第1暗渠工、空知太第2暗渠工ともに健全度ランクは全バレルにおいて“S-3”と評価され、これをもとに劣化曲線モデルより将来の劣化予測を行った(図-9)。

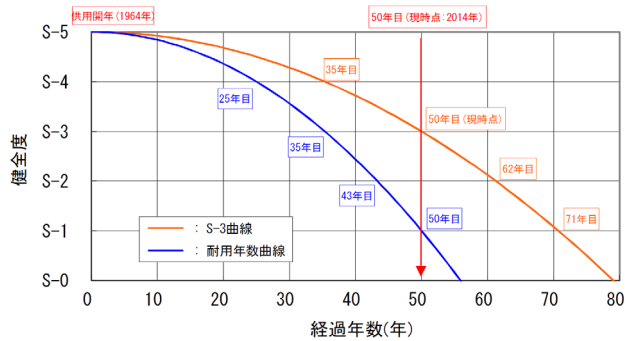


図-9 暗渠工の劣化予測曲線

4. 機能保全計画の策定

(1) 対策実施シナリオの設定

機能保全対策では、現時点及び将来的に起こる劣化要因及び劣化状態に応じて対策工法の設定を行った(表-1)。

なお、本施設は暗渠工であり、崩落等の事故発生時には復旧が困難であることと、補強工法は改築よりも高価となるケースも有り、経済性についても十分に検討する必要があることに留意し、S-2段階でも”改築”を検討対象に含めることにした。

表-1 健全度ランク毎の対策工法

ユニット	主劣化要因	対策工法、耐用年数			S-1(S-2でも検討)		
		S-3	S-2	S-1			
第1暗渠工(上流側)	① 摩耗、鉄筋露出	表面被覆工法(断面修復あり)	20年	増厚工法(補強工法)	40年	改築	50年
	② 目地変状	目地充填工法					
	③ ひび割れ	注入工法・充填工法					
	④ 剥離、欠損等	断面修復工法(左置工法)					
	⑤ 凍害	土留め部撤去、部分打換え					
第2暗渠工(下流側)	① 摩耗、鉄筋露出	表面被覆工法(断面修復なし)	20年	増厚工法(補強工法)	40年	改築	50年
	② 目地変状	目地充填工法					
	③ ひび割れ	注入工法・充填工法					
	④ 剥離、欠損等	断面修復工法(左置工法)					
	⑤ 凍害	土留め部撤去、断面修復工法					

[対策実施シナリオ(図-10)]

シナリオ1 : S-3段階で補修工法を適用

シナリオ2 : S-2段階で補強工法(補修含む)を適用

シナリオ3 : S-2段階で改築を適用



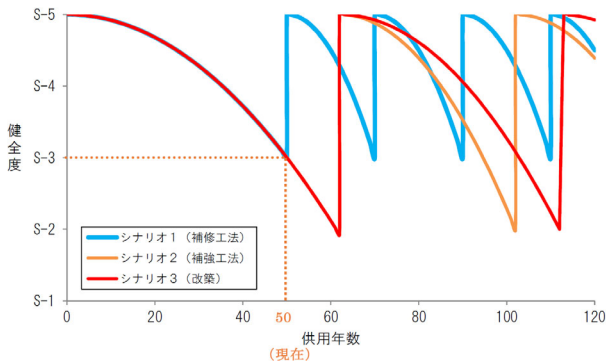


図-10 対策実施シナリオの比較

### (2) 機能保全コストの比較

前項に示した対策実施シナリオをもとに機能保全コストを算定して比較した結果、“シナリオ1(補修工法)”を適用した場合が最も経済的となることが判明した(図-11)。

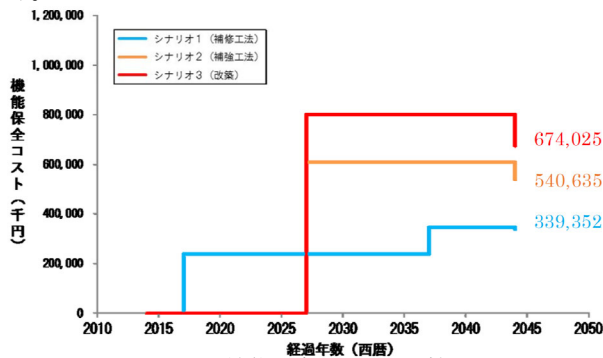


図-11 機能保全コストの比較

### (3) 機能保全計画の策定

前項に示した機能保全コストの比較のほか、維持管理、社会的条件等の多様な側面を含めて総合的に検討を行い、シナリオ1による機能保全計画を策定した(表-2)。

表-2 機能保全計画の総合検討

指標区分	判断指標の具体的内容	シナリオ1 補修	シナリオ2 補強	シナリオ3 改築
施設重要度	・農業部門では受益面積1000ha以上、公共施設に近接していない(重要度区分B) 一包括する受益面積が大、公共施設に近接する部分が無い	○	○	○
社会的安全性	・事故発生時のリスクを考慮 一農業部門への被害は大であるが、公共施設との関係性では水路橋に比較して直接的な影響は少ない、保全対策は劣化状況に応じたものが必要であること	○	△	△
社会的要請	・民家や公共施設と接していないことから、関係性が少ない	-	-	-
施工性(仮設)	・仮設の規模、周辺交通等への影響 一施工時の仮設、工事用車両出入による交通への影響期間が短い方が望ましいこと	○	△	△
維持管理性	・維持管理頻度、点検の容易性 一機能保全対策後の点検頻度、補修頻度、維持管理費用を少なくすること、日常点検や再補修が容易であること	○	△	◎
経済性	・機能保全コスト 一安価であること	◎	△	△
総合評価	・判断指標の評価点数が高い方を機能保全対策として採用	9点 採用	5点 -	7点 -

《評価点数》  
◎…3点  
○…2点  
△…1点

## 5. 暗渠工の補修設計及び施工計画

### (1) 補修工法の詳細検討

変状種類毎の対策工法は、表-3のとおりとした。

表-3 変状種類毎の対策工法

主劣化要因	対策工法	
① ひび割れ	ひび割れ補修工法	ひび割れ充填工法 ひび割れ充填止水工法
② 目地変状	目地補修工法	目地充填工法 SUS製樋目地補修工法
③ 摩耗、鉄筋露出	表面処理工法	表面被覆工法
④ 剥離、欠損等	断面修復工法	左官工法
⑤ 凍害		土留め部撤去 部分打ち替え

#### a) ひび割れ補修

部材表面においてひび割れ最大幅 1.0 mm以上の場合には「ひび割れ充填工法」を基本とし、滲出水を伴うひび割れ(錆汁がある場合を含む)は、ひび割れ幅 1.0 mm以下の場合でも、進行性のひび割れと判断されるため、「ひび割れ充填止水工法」による対策とした(図-12)。

一方、対象箇所ひび割れによる変異が小さいと判断されることから、使用する充填材は、表面被覆及び断面修復にも用いられている主材料(ポリマーセメントモルタル)を使用する。

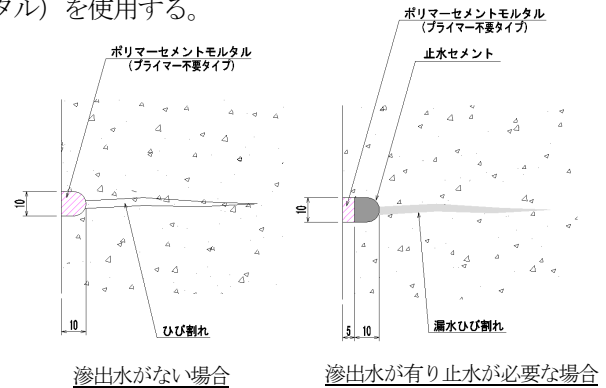
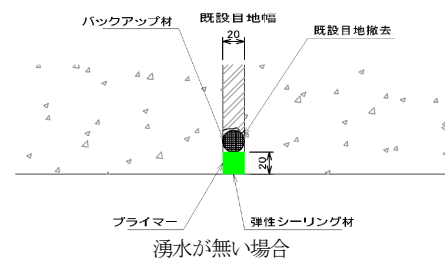


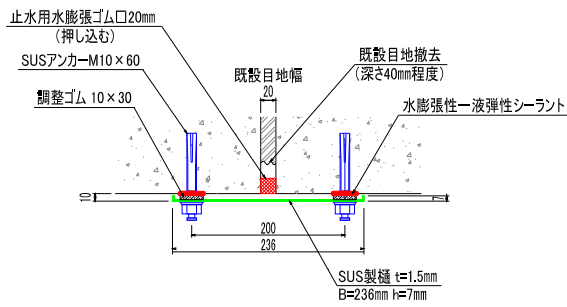
図-12 ひび割れ補修工法

#### b) 目地補修

一般的な目地材自体の劣化・欠落には、弾性シーリング材を用いる「目地充填工法」を適用している。作業は既設目地を撤去し、バックアップ材で調整し、弾性シーリング材を充填することで、内部からの止水効果の回復を見込む(図-13上)。

湧水を伴う目地では、外部及び内部からの湧水を遮断するため、既設目地撤去後水膨張ゴムを押し込み止水を行う。水膨張ゴムの飛び出しの防止や流水に対する保護に SUS製の樋をアンカーで固定する「樋目地補修工法」を採用した(図-13下)。





湧水が有り止水が必要な場合

図-13 目地補修工法

c) 摩耗、鉄筋露出の補修

摩耗及びかぶり不足(鉄筋露出)の損傷に対して「表面被覆工法」を適用している。対象となる部位は、頂版を除き上ハンチ下端から底版までを対象として、無機系被覆工法(ポリマーセメントモルタル)を厚さ約10mmで面的に施工している。鉄筋のかぶり不足により鉄筋露出が著しく、腐食が進行し、断面欠損が確認されている箇所では、「高強度炭素繊維(FRP格子筋)」を取付け、鉄筋の減耗に対する補強対策を行う(図-14)。

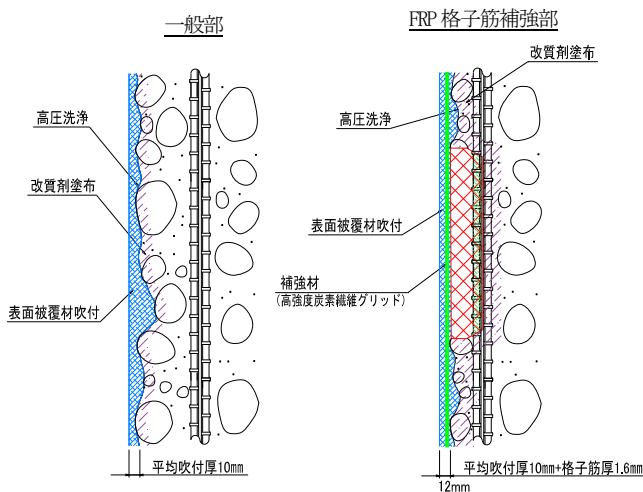


図-14 表面被覆工法

d) 剥離、欠損の補修

鉄筋露出箇所、浮き・剥離および欠損などを対象として表面被覆材と同質のポリマーセメントモルタルにより「断面修復工法」(左官工法)を採用している。鉄筋露出箇所の断面修復は、露出している鉄筋を中心に幅10cm程度ではつり、断面修復を行う。

鉄筋露出が連続して発生している場合は、補修による弱部を作らないようにするため、補修箇所と母材との境界を極力少なくすることに留意し、鉄筋露出箇所の全体を補修範囲として設定した。

e) 凍害の補修

暗渠工吞吐口部の頂版上部に設置されていた土留め壁は、背面土を整形して撤去し、凍害による剥離・剥落の発生箇所は劣化部を除去し、ポリマーセメントモルタルにより「断面修復工法」(左官工法)を行う。

(2) 施工計画

a) 工事工程計画

空知太第1暗渠工及び空知太第2暗渠工の全てを落水期間である9月から翌年3月までの7か月間で行うことは、補修作業を勘案すると施工日数が不足する(表-4)。また、空知太第2暗渠工のみ施工する場合においても、単年施工は困難であり、補修工事は2カ年で施工する計画とした。

2カ年施工とする場合の年度別工事区分けは、二連箱型暗渠であることから、施工数量の均等化と照明等の仮設、施工作業の効率化を考慮して空知太第1暗渠工、空知太第2暗渠工の二連箱型暗渠の片側断面ずつ施工を行う計画とし、今年度は二連のうち左側の施工を行い、次年度は右側と吞吐口部を施工する予定である。

表-4 施工所要日数の算出

空知太第1暗渠工

	施工面積	日当り施工量	実作業日数	所要日数(30/20)
高圧洗浄工	4,064m <sup>2</sup>	141m <sup>2</sup>	28.8日	44日
表面被覆工		115m <sup>2</sup>	35.3日	53日
合計				97日

空知太第2暗渠工

	施工面積	日当り施工量	実作業日数	所要日数(30/20)
高圧洗浄工	10,317m <sup>2</sup>	141m <sup>2</sup>	73.2日	110日
表面被覆工		115m <sup>2</sup>	89.7日	135日
合計				245日

b) 暗渠内の仮設備

暗渠工内空高はH=3.5mであり、各補修作業時(高圧洗浄、表面被覆、目地修復、断面修復、ひび割れ補修)に足場が必要である。高圧洗浄と表面被覆は、暗渠全延長に及び、目地修復、断面修復、ひび割れ補修は点在した作業となるため、移動式足場を使用している(図-15)。



FRP格子筋補強部の施工



図-15 移動式足場の使用(高圧洗浄工の様子)

暗渠の延長は、空知太第1暗渠工で約200m、空知太第2暗渠工で約500mであり、暗渠内作業では適切な照度を確保し、作業機器類の電源も確保する必要があることから、電気設備配線計画を立案し、暗渠工の頂版に照明及び工事用電気配線を設置し、電源を確保した(図-16)。



図-16 照明設備(断面修復の様子)

暗渠の補修期間のうち、9月～11月中旬頃までは、補修に当たって防寒養生などの特別な養生は必要ないが、11月中旬以降は日平均気温が4°C以下となるため、表面被覆工等のセメント系材料の養生において、温度管理が必要である。防寒養生は、暗渠の呑口及び吐口に寒風の進入防止のための養生シートを設置し、上流側と下流側にジェットヒーターを設置することとした(図-17)。

ジェットヒーターの配置については、現場にて温度管理を行い、施工延長等を考慮して決定している。

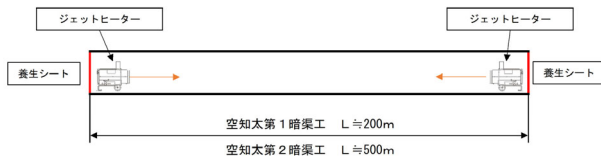


図-17 防寒養生

c) 資機材の搬入配置

暗渠内への資機材の搬入は水路内に小型の運搬機械(電動フォークリフト)を配置し、作業地点まで資機材の搬入を行っている(図-18、図-19)。

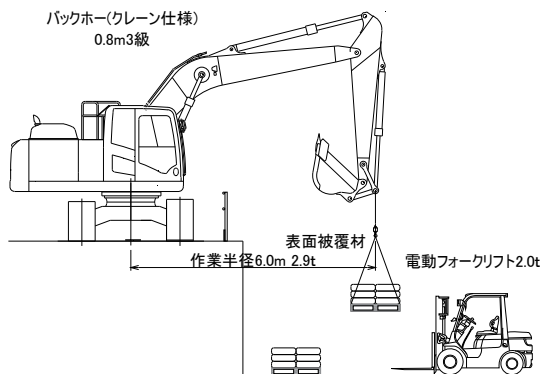


図-18 荷卸し作業

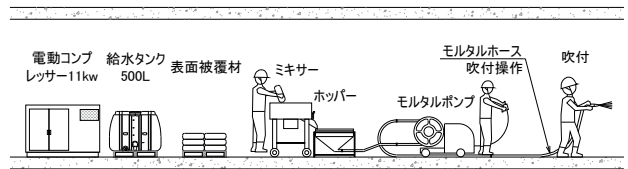


図-19 暗渠内の主な設備配置(表面被覆工の場合)

d) 施工順序

暗渠工補修工事の施工順序は、図-20のとおりである。

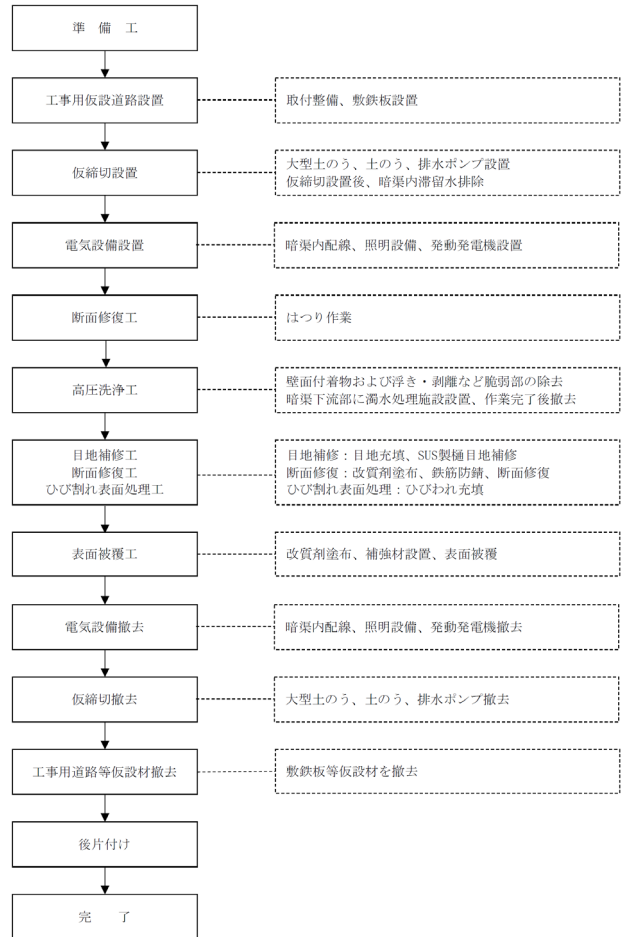


図-20 施工フロー

6. おわりに

空知太暗渠工では、機能保全計画に基づき、補修工法による機能保全対策を進めている。

補修工法は、詳細な機能診断調査及び実施設計により、暗渠工特有の継目やひび割れからの湧水等に対応した工法を選定した。施工計画に基づき工事を進めており、現在のところ滞りなく施工することが出来ている。次年度は引き続き二連箱型函渠工の右側と呑吐口部の施工を実施する予定である。

参考文献

- 1) 農林水産省：農業水利施設の機能保全の手引き 平成27年5月