

農業用開水路における目地等の補修工法の適用性評価 — 供用5年経過後のモニタリング結果 —

札幌開発建設部 農業整備課 ○古城 知和
五十嵐壽晃
岡下 敏明

農業用開水路（現場打ちRCフルーム）の構造機能の維持には、躯体そのものの耐久性能の確保のほか、開水路の構造機能を構成する各種対策工法（コンクリートの温度伸縮、沈下、地表水処理、背面水処理、背面土凍上等）が長期にわたり機能的であることが重要である。本報告では、これらを確保するための構成要素のうち、躯体の既設利用を前提とした複数の目地補修工法および追設背面水処理工法（ウィーブホール）について、長沼幹線用水路において実施した試験施工（H22年3月）の供用5年経過後の変状状況に基づき、各工法の適用性について報告する。

キーワード：長寿命化，既設利用，目地補修工法，ウィーブホール，維持・管理

1. はじめに

農業用開水路では、コンクリートの温度変化に起因した伸縮量に対して、ひび割れの発生や過大応力の上昇を制限するため、所定の間隔に横断継目を設置する。そこには、高い止水性、伸縮追従性を備えた目地補修工法が求められる。また、地中構造物となることが多いため、降雨時や融雪時に側壁背面に浸入した地表水が滞水した場合には、水路の浮上事故を招く。この対策には、背面水の停滞を防ぐとともに速やかに水路外または水路内に排除するための背面水処理工法が求められる。

いずれの工法も新設または全面改築の場合には、設計基準や指針等の整備により技術的な運用が可能となっているが、補修・補強対策などの躯体を既設利用とした“あと施工”の場合は、有効な工法が明確ではない。

このため、平成22年度に長沼幹線用水路（図-1）において目地補修6工法、背面水処理（ウィーブホール）6工法の試験施工を実施した。本報告は、供用5年経過後の変状状況に基づき、各工法の適用性について報告する。



図-1 試験施工位置図

2. 試験施工の内容

(1) 目地補修工法

止水性、伸縮追従性、応力吸収（コンクリート破壊防止）、揚圧力対応（0.02Mpa）、低温時（5℃）の施工能力、経済性に着目し、以下に示した6工法を実施した。

- a) ハイドロタイトRSS工法
- b) PPSライニング工法
- c) AS-900工法
- d) HSPU型目地工法
- e) SRジョイント工法
- f) 応力機能目地工法

試験施工を行った長沼幹線用水路は、国営かんがい排水事業道央地区により昭和62年に造成された現場打ちRCフルーム型水路（B=5.60m×H=2.50m）である。

各工法は、横断継目の全周（左右岸側壁および底板のΣL=10.6m）を各2箇所について施工した。

(2) 背面水処理工法

流出性能、逆流防止機能、維持管理性、あと施工の可否、弁タイプとフィルター材の組み合わせから、以下に示した6工法を実施した。各工法は、ハンチ上15cmの位置に3m間隔で左右岸に各3孔を施工した。

- a) 二重管式ウィーブホール
- b) KMV I型ウィーブホール（打ち込み用）
- b) KMV型ウィーブホール+KMOフィルター
- c) 浮子弁式ウィーブホール
- c) 浮子弁式ウィーブホール+TMフィルター
- d) 背面排水機能回復ドレーン工法

3. 目地補修工法の適用性評価

(1) ハイドロタイトRSS工法

a) 工法概要 (図-2)

水膨張機能およびゴム弾性と中空部による伸縮機能を備えた止水材を目地部に差し込み、伸縮追従性と低温硬化性に優れた弾性シーリング材 (ポリサルファイド系) を充填するものであり、二重の止水性能を持つ。止水材は、体積膨張率が400%の高膨張タイプである。その膨張特性を生かして目地幅に応じてサイズを決定する。

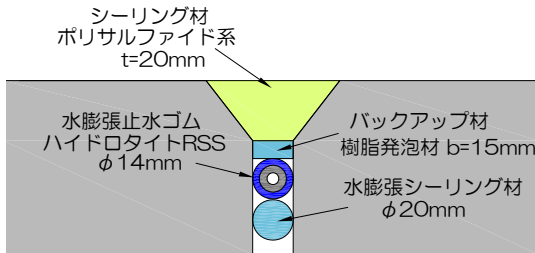


図-2 ハイドロタイト RSS 工法

b) 変状状況

施工直後において、止水材の膨張挙動により底版の一部のシーリング材の膨れが確認された。(写真-1)その後、膨れの進行はなく安定した状態で経過したが、5年目にこの膨れが破れ漏水がみられた。破損したシーリング材を切断し、内部の状態を確認したところ、目地間で止水材が上下左右方向に波打って隙間から漏水が生じ、止水性が確保されていなかった。(写真-2)



写真-1 シーリング材の膨れ状況 (施工直後)



写真-2 内部の水膨張材の状況

c) 変状要因と対応策

底版部の膨れは、水膨張による止水材の長手の伸びがハンチ部で拘束されたことに起因し、抜け出しが生じたものと推定される。

高膨張タイプの止水材では、断面方向の膨張量は予測

できたとしても延長方向が長い隅角形状の場合、その伸び量のコントロールが困難で、膨張量とのバランス確保が難しいものと推察する。

この対応策として、低膨張タイプの止水材を使用して延長方向の伸び量を抑制するとともに目地幅よりやや大きめのサイズを選定してはめ込むような製品が開発されている。

(2) PPSライニング工法

a) 工法概要 (図-3)

予め工場で強化繊維に光硬化型樹脂を含浸させたシート (Pre-Preg-Sheet) の両端部を2種類のプライマーにより貼付けた後、紫外線を照射して樹脂を硬化させることにより特殊なFRP (Fiber Reinforced Plastics) ライニングを成型するものである。中央部のコンクリートに接触しない部分のシートが伸縮 (10%) する。なお、シートの紫外線劣化予防のため、トップコートで被覆する。

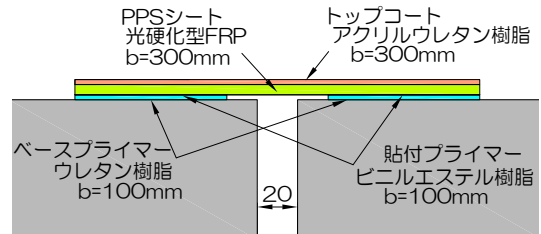


図-3 PPS ライニング工法

b) 変状状況

全般的に変状はなく、トップコートの耐候性を含め目地機能は維持されていた。ただし、目地中央の伸縮部のシート重ね箇所において、表層に微細な亀裂がみられた。(写真-3) 内面調査の結果、亀裂はトップコート下のプライマーに発生していたが、シートまでは達しておらず止水性には問題がないことを確認した。(写真-4)

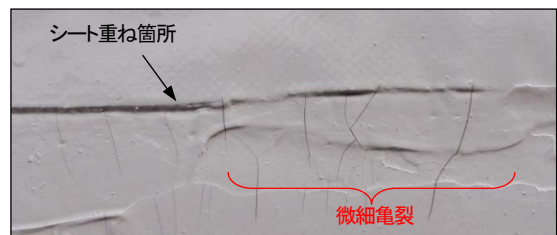


写真-3 シート重ね箇所の表層微細亀裂

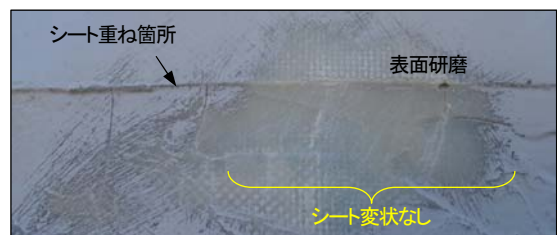


写真-4 表層研磨後のシート表面

c) 変状要因と対応策

伸縮部の重ね箇所の亀裂要因は、シートの持つ伸縮性に対してプライマー硬度が追従できなかったことにある。ただし、本来プライマーは、目地両端の固定部のみで良く、重ね箇所ではシートそのものの接着強度が高いため、プライマーは不要である。また、その発生部位から亀裂が入ったことで機能を失するものではないため、問題なしと判断する。なお、強粘着なシートの取り扱いに際してプライマーの使用により施工性が向上する場合には、その使用量や端部仕上げの方法等に留意が必要である。

(3) AS-900工法

a) 工法概要 (図-4)

特殊変成シリコン樹脂による高い伸縮性とエポキシ樹脂の高い接着性を兼ね備えた弾性シーリング材を充填するものである。非常にシンプルな構造であり、施工性、経済性に最も優れる。

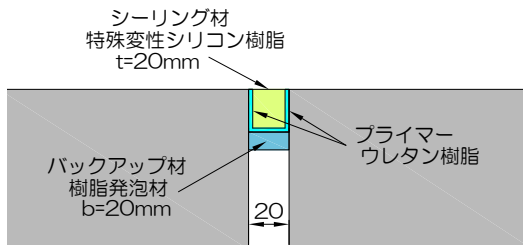


図-4 AS-900工法

b) 変状状況

目地の伸縮追従性が低下しほぼ全体的に剥がれが発生し、ハンチ部では漏水がみられた。(写真-5) 表面を研磨し確認した結果、この剥がれは全厚に及び既に止水性を失っていた。(写真-6) また、目地表面には、紫外線劣化と見られる亀甲模様の微細ひび割れがみられた。

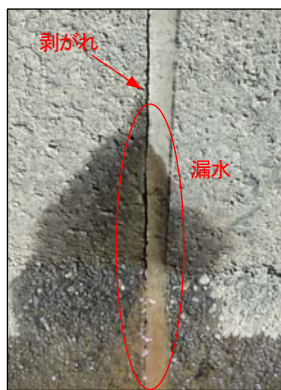


写真-5 ハンチ部漏水



写真-6 表面研磨後

c) 変状要因と対応策

高い背面水圧に対抗するため、高モジュラス（原型を保つために抵抗しようとする引張応力：高→硬い）なものを選定した上、耐候性が不十分であったものと推定される。

変性シリコンの耐候性は、建築のシーリング用途でも実績があるので極端に弱い訳ではないが、土木用としては不十分であったと考えられる。これらの対応策として、現在では高い背面水圧への抵抗力を維持しながら伸縮追従性を備えた中モジュラスタイプで、かつ、耐候性に優れたウレタン樹脂を主成分とした改良品（クリークシーラーAS-920）が開発されている。

(4) HSPU型目地工法(全応力対応機能水路伸縮目地)

a) 工法概要 (図-5)

止水性、接着性、伸縮性に優れた特殊変性シリコンエポキシ樹脂によるシーリングと高強度のポリウレア被膜の複合被覆とすることにより、従来の水路方向の伸縮追従性に加え、水路の挙動（沈下、浮上、変位）にも対応可能なタイプとしたものである。ポリウレア被膜は、従来、吹付仕様であったが、緩硬化仕様として現場塗布を可能とした。なお、ポリウレアの紫外線劣化予防のため、トップコートで被覆する。

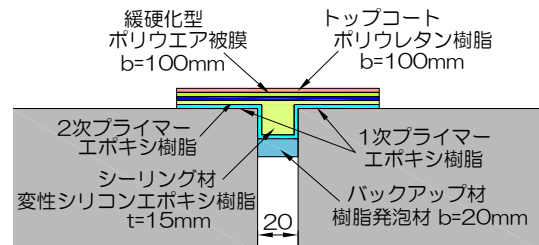


図-5 HSPU型目地工法

b) 変状状況

表層の縦方向に多くの微細な亀裂と継目に沿った大きな亀裂が発生していた。これらは年々増加していた。(写真-7) 内面状況を確認した結果、亀裂はポリウレア被膜に発生していたが、内部のシーリング材には至らず止水性には問題がないことを確認した。(写真-8)

ただし、ハンチ部では、破れ箇所からの漏水がみられた。(写真-9) 漏水経路の調査の結果、シーリング材と母材の一体性は確保されていたが、母材の劣化部（目地弱部）からの滲み出しているものであることを確認した。(写真-10)

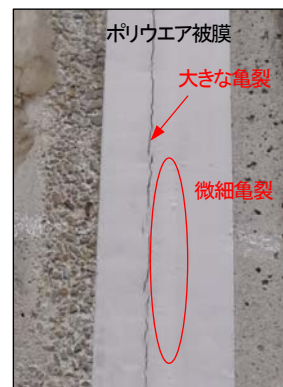


写真-7 表層の亀裂

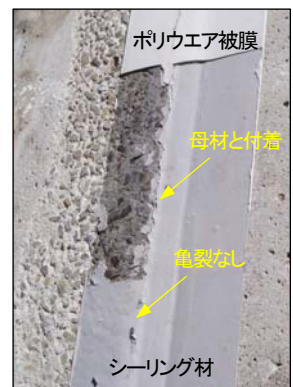


写真-8 シーリング表面



写真-9 ハンチ部漏水



写真-10 シーリング表面

また、一部で大きな膨れを確認した。(写真-11) 内面調査の結果、既設水路の止水材である水膨張性止水ゴムの膨張による突出であることがわかった。(写真-12)



写真-11 表層の膨れ



写真-12 止水ゴムの突出

c) 変状要因と対応策

シーリング材保護のための高強度被膜が先に亀裂しており、目地挙動による作用力に対して現膜厚(1mm)では強度が不十分だったものと推定している。この対応として、強度増加のための増厚などを要する。漏水と膨れに関しては、既設水路側に要因があったが、教訓にすべき重要な事象である。

元来、目地付近のコンクリートの強度は弱い。特に既設水路の場合には、応力作用と凍害劣化により更に脆い。このため、目地補修の事前に必要な母材強度の有無を確認すべきである。また、既設の止水材の特徴(伸縮性能、膨張率、施工位置等)を把握し、必要に応じて止水材の交換も検討すべきである。このことは調査設計段階から配慮すべき事案であり、他工法の場合も同様である。

(5) SRジョイント工法

a) 工法概要(図-6)

フレキシブルな特殊止水シートを用いて浮かし張りを行うもので、水路の全方向の挙動に追従可能な万能タイプである。シートは、伸縮性、耐候性、耐摩耗性に優れたクロロスルホレン化ポリエチレンゴム(CSM)製で両端をエポキシ樹脂により接着固定する。

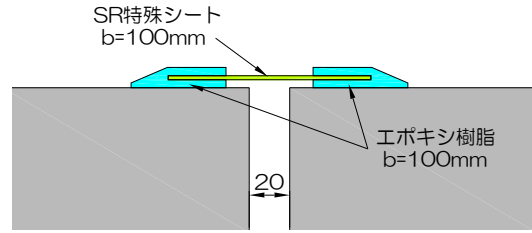


図-6 SRジョイント工法

b) 変状状況

揚圧力の作用により底版のシートが膨れ、これを固定するエポキシ樹脂が破損した。シートの接着部には、当初から穴が開いておりそれをエポキシ樹脂で固めることによって一体性を図る狙いがあったが、樹脂の破損によりその穴あき部が弱点となり、樹脂破損部と合わせて漏水がみられた。(写真-13) また、ハンチ部でも漏水がみられた。(写真-14) 内部調査の結果、底版と側壁のシートの重ね部分の一体化が図れていなかった。(写真-15)

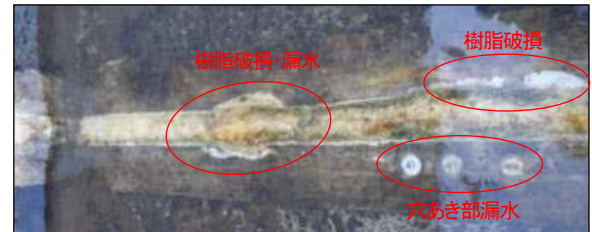


写真-13 底版部の漏水



写真-14 ハンチ部漏水



写真-15 シート重ね部

c) 変状要因と対応策

本現場の作用揚圧力(最大0.02Mpa)に対して、シート厚(1mm)、エポキシ樹脂厚(2mm)では、強度が不足していた。ハンチ部は、シートの重ね部分をエポキシ樹脂で封止したが、樹脂の破損により隙間ができた。

この対応として、全般的に強度の増加を図る必要がある。現在では改良品が開発され、シートの材質をポリ塩化ビニール(PVC)に変更し、増厚(2mm)している。また、穴あきシートは廃止して接着性を高めた専用エポキシ樹脂に変更し、増厚(10mm)している。シートの重ね部分は溶着(熱または溶剤)方式としている。

(6) 応力機能目地工法

a) 工法概要 (図-7)

耐久性に優れる高弾性のEPDM (エチレンプロピレンゴム) を特殊エポキシ樹脂を塗布して差し込むものである。目地本体は、適切な空隙量を有する中空リム構造であり、その断面形状から目地表面が圧縮状態に維持され引張応力が発生しないことが確認されている。このため、ゴムの劣化進行が抑制され、耐久性が非常に高い。工場製品なので品質の信頼性が高く施工性にも優れる。

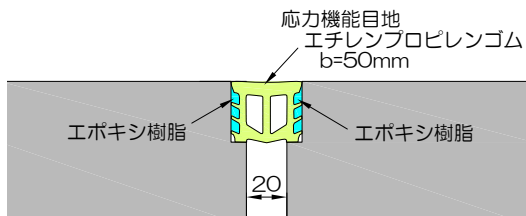


図-7 応力機能目地工法

b) 変状状況

一般的に変状はなく、目地機能は維持されていた。ただし、エポキシ樹脂の表面に亀裂が確認された。(写真-16) この亀裂の研磨確認の結果、内面には変状が確認されず、止水性には問題がないことを確認した。(写真-17)



写真-16 樹脂の亀裂



写真-17 表面研磨後

c) 変状要因と対応策

亀裂は、躯体側の端部仕上げに際してEPDM表面に薄く被った部分である。仕上げ方法の課題はあるものの目地本体の性能には直接関係しないため、全く問題ない。

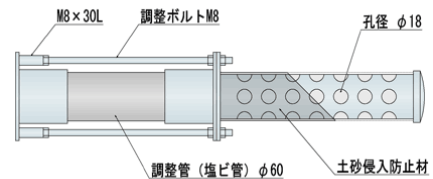
4. 背面水処理工法の適用性評価

(1) 二重管式ウィープホール

a) 工法概要 (図-8)

外筒管 (φ60) と内挿管 (φ44) の二重管構造とすることで、目詰まり時の洗浄あるいは交換を容易としている。また、外筒管に亜鉛メッキ鋼管を使用することで、背面土重によるフィルター部の脱落や圧潰を回避する。弁体は薄い円鋼板による蓋式である。

外管図



ウィープホール本体

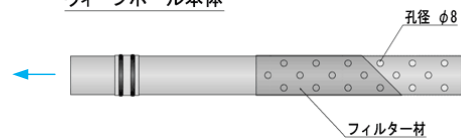


図-8 二重管式ウィープホール

b) 排水機能

流出量は、背面水の供給量、製品サイズ、フィルター材の透水性、背面土の状況等により異なるため、ここでは流出の有無を評価した。本工法は、経年とともに流出の未確認箇所が増加している。(写真-18) 流出を妨げた要因には、内挿管内の土砂堆積およびフィルターの目詰まりが考えられるが、内挿管内の土砂堆積について、これまでの調査では堆積量が様々であり、わずかなシルトの堆積しか認められない箇所もあった。(写真-19) 一方、フィルター部はシルト分が全体を覆い目詰まりを引き起こしていた。(写真-20) これは、内挿管のフィルターの材質が不織布で非常に目が細かいため、流水とともに排出されるべき土粒子径までもがキャッチされるためと考えられる。このことから、地山土粒子が細かなシルトや粘性土の場合では、フィルター目幅の変更などの工夫を要する。

c) 維持管理方法

内挿管を専用金具、バール、ハンマーを用いて引き抜き、水洗い洗浄する。(写真-21) 引抜きには、相当な力を要する。外筒管と内挿管の間に土砂が噛んだ場合は、抜けなくなることがある。このため、外筒管の内面洗浄も必要となる。この場合、径が小さいうえにシルト分の完全排除が求められるので洗浄方法等に工夫を要する。



写真-18 流出未確認



写真-19 内挿管内状況



写真-20 内挿管の状態



写真-21 内挿管引抜き

(2) KMV型ウィーブホール

a) 工法概要 (図-9)

極めてシンプルな構造である。円筒材料は、特性リブ付塩化ビニール管またはVPを使用しているので十分な強度をもつ。弁体は、耐候性に優れた特殊合成ゴムを使用しており、中央部で支持している。

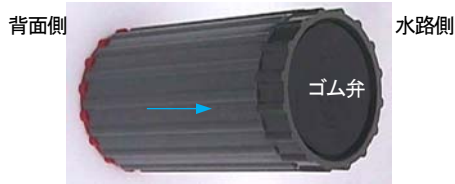


図-9 KMV型ウィーブホール

b) 排水機能

フィルターの違いに関わらず流出は良好であり、現在もすべての箇所からの流出を確認している。(写真-21)

c) 維持管理方法

ゴム弁をめくり細い棒等を使えば堆積土砂を掻き出すことができる。しかし、何度も弁をめくりながら土砂を掻き出す作業は容易ではない。また、弁は中央の1カ所のビス留めであり、大きくめくると破断する恐れがあるため、メンテナンスの困難さが想定される。(写真-22)



写真-21 流出状況



写真-22 内面清掃方法

(3) 浮子弁式ウィーブホール(背面排水回復機能)レーン工法)

a) 工法概要 (図-10)

水路内水位と背面水位の関係によって独特な形状をした弁体(ニトリルゴム+フェノール樹脂発泡体)が浮上、落下することで止水・排水を行う。弁きよ、ケース、目皿はABS樹脂製、接続管はVPを使用している。

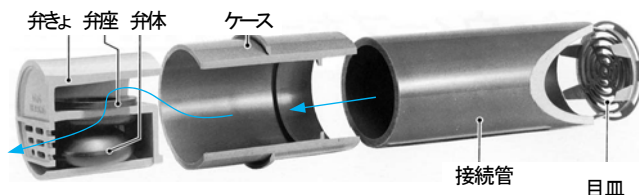


図-10 浮子弁式ウィーブホール

b) 排水機能

フィルターの違いに関わらず流出は良好であり、現在もすべての箇所からの流出を確認している。(写真-23)

c) 維持管理方法

弁きよの構造上、管径の半分までの堆砂は避けられない。(写真-24)このため、定期的な土砂排除を要する。

弁きよの取り外しは、フック付き金具で軽く衝撃を与えると容易に引き抜きが可能であり、破損時の交換も可能である。(写真-25) $\phi 75\text{mm}$ 以上のサイズであれば素手で容易に堆積土砂を掻き出すことが可能である。

なお、プラスチック等で背面に突き出たフィルターは、打込み時の潰れや土重により変形することがあり、目詰まりの要因となる可能性がある。(写真-26) 本現場では、堆砂量や流出量に差は認められなかったため、目皿方式で十分と判断する。このことは、他工法も同様である。



写真-23 流出状況



写真-24 堆砂状況



写真-25 取り外し方法



写真-26 フィルター変形

5. おわりに

今回の試験施工では、各工法の優劣を比較するものではなく、各工法の課題や改良点を探ることを目的としていたが、設計コンセプト通りの機能を発揮したものや再考の余地が残るものなど、5年に渡るモニタリング調査を通じて貴重な情報を得たものと考えている。

目地補修工法においては、継目に作用する応力(温度伸収縮、土圧、外水圧等)に対して強度で抵抗する方法やフレキシブルに応力吸収する方法、あるいは両者の複合タイプを試行したが、強度に依存した部位では明らかな変状がみられた。また、用水路部材端部の母材強度がもたらす影響が非常に大きく、優れた目地工法的前提には母材が健全であることを再認識する必要がある。

背面水処理工法では、背面水の移動に伴い必ず土砂が掃流されるため、目詰まりの発生が回避できない。排水機能の維持のためには、定期的な管内洗浄の容易さが最も重要となる。その作業は、例えば、作業者が水路内で簡単な器具のみを持って歩行し容易に素手で排除するなど、無理がなく経済的な維持管理計画が立てられ、管理者の承諾が得られるものを選定しなければならない。

試験施工から現在に至るこのわずか5年の間においても、機能の安定性、持続性、さらには維持管理性、補修の容易性を求め、次々と改良品あるいは新しい製品の開発が日進月歩で進められている。このような中で、今回の取り組みによって各種課題が具体化されたことで、より適切な技術進化が期待できるものと考えている。