

すいど 水土 の知^ち

水土の知 第82巻第7号 平成26年7月1日発行（毎月1回1日発行）ISSN 1882-2770

Water, Land and Environmental
Engineering

2014 07
Vol.82 / No.7

農業農村工学会誌

小特集 ● 農業農村整備事業における再生資源の利活用



公益社団法人 農業農村工学会

(報文)

ウズベキスタン国内の効率的な水利用の取組み

安西 俊彦・清水 克之・北村 義信・池浦 弘

ウズベキスタンは、中央アジアで灌漑農地面積、塩害農地面積およびアラル海流域の河川水消費量が最大である。本報では、同国の農地・水利用の現況と国、灌漑地区・幹支線水路、圃場・末端水路の各レベルにおける効率的な水利用の取組み事例を報告する。政府は節水・塩害対策として作付体系をソ連時代より変化させた。灌漑地区・幹支線水路レベルでは、適正な灌漑管理による節水の可能性、河川上流からの冬季放流の有効活用法、および適正な用水管理のための水管理組織再編の事例を報告した。圃場・末端水路レベルでは、新たな用水管理組織と水生産性向上のための事業を報告した。今回報告した取組みを活用し、国全体で効率的な水利用の実現につなげることが重要である。

(水土の知 82-7, pp.19~22, 2014)



農地・水管理、ワタ、水稲作、シルダリア川、中央アジア

(報文)

無機系表面被覆材による開水路補修工事の追跡調査と性能評価

長谷川雄基・谷村 成・田中 基博
高橋 慶吉・佐藤 周之

現在、農業水利施設の補修工事に適用される材料および工法の品質の規格化が進められている。一方、実施工された補修材料の追跡調査の結果を報告している例は少なく、今後は追跡調査の結果をフィードバックすることで、補修材料の品質規格値や耐用年数が確立されていくと予想される。本報では、コンクリート開水路に補修された無機系表面被覆材の施工後の追跡調査を通して、各種性能評価の方法およびその課題の抽出を試みた。結果として、本調査で実施した各種試験により、無機系表面被覆材の諸性能を評価できることがわかった。また、本調査で対象とした補修工法では、施工後最長6年が経過しても、補修材の性能低下は生じていないと推察された。

(水土の知 82-7, pp.23~26, 2014)



コンクリート開水路、無機系表面被覆材、補修、追跡調査、性能評価

(報文)

水田地域における循環灌漑による水質保全効果に関する考察

山口 康晴・人見 忠良

循環灌漑の取組みは、従来から湖沼等周辺の水田地域における汚濁負荷削減対策として、また用水不足地域における用水の有効利用対策として進められてきた。近年、湖沼等周辺地域での取組みの拡大や水田の水利用形態の変化等に伴う新規用水需要に対応して、循環灌漑の取組みが拡大しつつある。本報では、水田地域における排水路の水質調査結果等から、循環灌漑水としての排水路の水質特性を明らかにし、循環灌漑による湖沼等への汚濁負荷削減効果として、排水量の削減、排水路の水質改善の各効果に分けて考察した。また循環灌漑を実施するうえで、水質保全効果を一層高める観点からの管理運用上の課題等について考察した。

(水土の知 82-7, pp.27~31, 2014)



循環灌漑、水質、水田、排水路、栄養塩類、有機物

(技術リポート：北海道支部)

TDR法を用いた融雪後の湛水深のモニタリング

矢崎 友嗣・岩田 幸良・柳井 洋介
下田 星児・広田 知良

土壌凍結地帯では凍土層により融雪水の下方浸透が妨げられ、地表面が湛水する。この湛水の現象を把握するためにも、湛水の有無や深さ、継続時間を自動で計測する技術が求められる。そこでTDR土壌水分計をロッドが上向きになるように設置し、その反射波形を読み取ることで凍土上の湛水深の連続計測を試みた。その結果、湛水深の計算値は実測値をおおむね再現した。湛水していない期間は、湛水深計算値はロッド基部の土壌水分を反映したと思われる値(0.018 m以下)を示したが、この値を超えるかどうかで湛水の有無が判断できると考えられた。本技術により、これまで困難であった融雪後の湛水深の連続測定が可能となった。

(水土の知 82-7, pp.32~33, 2014)



積雪寒冷地、湛水、土壌凍結、反射波形、連続測定

(技術リポート：東北支部)

開水路補修工の検証

佐藤 章悦

計画取水量の増加により通水性の向上を図る目的で施工されたFRPM板によるアンカー固定方式パネル工法について、水理機能および構造機能の検証を行った。特に構造機能については、FRPM板パネル天端において、パネルと裏込めとの間に空隙や変状を確認したため、詳細調査を実施した。その結果、パネルの大きな変状は、アンカーの打忘れやアンカー頭の埋没による支持不足であること。また、赤外線による調査や剥取り調査結果により、空隙は天端付近のみで、裏込めは躯体に貼り付き、空隙も少ないことを確認した。本検証により、改めて施工管理および供用後のモニタリングの重要性を確認するとともに、本工法が水理機能および構造機能に優れ、不具合があった場合でも直営施工により、追加アンカーによる再補修が可能ない工法であることを確認した。

(水土の知 82-7, pp.34~35, 2014)



開水路、FRPM板、施工管理、構造機能、モニタリング、再補修工

(技術リポート：関東支部)

都市農地の保全における留意事項

関本 謙二・宇田川哲也

都市農地の保全は農業振興施策であるが、都市農地が存在する地域に住む地域住民は、圧倒的に農家以外の住民が多いため、明らかな農家寄りの施策では、地域住民の理解は得られない。そこで重要になるのが、ワークショップを活用した地域合意形成である。農家・地域住民・行政の3者が交流する機会を設けることで、地域住民が何を考え、都市農地に対し何を求めているかが見えてくる。キーパーソンになる人物も分かってくる。都市農地の保全は、まちづくりであり、ひとづくりでもあるとの認識が重要である。平成25年度に着手した世田谷区と調布市の場合を事例として、都市農地の保全における留意事項を報告する。

(水土の知 82-7, pp.36~37, 2014)



都市農地、生産緑地、宅地化農地、モデルプラン、独自計画、ワークショップ、コミュニティ

無機系表面被覆材による開水路補修工事の追跡調査と性能評価

Follow-up Survey and Performance Evaluation on Repair Construction of Open Canal
by Inorganic Surface Covering Material

長谷川 雄 基[†] 谷 村 成^{††} 田 中 基 博^{†††}
 (HASEGAWA Yuki) (TANIMURA Naru) (TANAKA Motohiro)
 高 橋 慶 吉^{††} 佐 藤 周 之^{††††}
 (TAKAHASHI Keikichi) (SATO Shushi)

I. はじめに

現在、農業水利施設に対する効果的・効率的な維持管理施策に基づいた補修工事が各地で積極的に進められている。農業水利施設の補修工事に適用される材料および工法に対する品質規格として、基本的に20年の耐用年数を想定し、種々の要求性能が明示されつつある¹⁾。しかしながら、20年の耐用年数を実績で検証できるケースはまだ少なく、あくまでも20年の耐久性を期待する、という意味であることに留意する必要がある。つまり、今後、補修工事後のモニタリングの結果をフィードバックすることで、補修材料の品質規格値や耐用年数が確立されていくものと予想される。

一方、コンクリート開水路に施工された補修材料において、施工後の追跡調査を実施し、その結果を報告した例は少ない。つまり、現状において施工後の経過年数に応じた補修材料の諸性能は不明な場合が多い、と言わざるを得ない。加えて、補修材料の性能評価を行う際に着目すべき評価指標や、品質評価と性能照査の関連性についての整理が求められている。

本報では、無機系表面被覆材の諸性能を評価するための各種試験をととして、コンクリート開水路に施工した無機系補修材料の性能評価を実施した。補修材料の要求性能を施工後の経過年数と関連付けて評価するため、同一の工法および材料で補修された3躯体のコンクリート開水路を対象とした。

II. 無機系表面被覆材の評価項目と試験方法

既往の文献では、無機系表面被覆材の基本的要求性能として、中性化抑止性、耐摩耗性、通水性、付着性を挙げている¹⁾。本報では、これらの性能を評価するために、表-1に示す評価項目に着目した各種試験を

表-1 評価項目および試験方法の概要

評価項目	試験方法
変状および打音	外観目視および打音検査
中性化深さ 中性化速度係数	JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」を参考に、採取した小径コアを割裂後にフェノールフタレイン溶液を噴霧して中性化深さを測定
表面形状 表面粗さ	レーザー変位計を使用した表面形状の測定
付着強度	建研式付着力試験機を用いた付着強度の測定
表層透気係数	JSCE-K572「けい酸塩系表面含浸材の試験方法(案)」を参考に、二重チャンバー方式の透気試験機を用いたコンクリート表層部の透気係数の測定
表面吸水量	JSCE-K572「けい酸塩系表面含浸材の試験方法(案)」を参考に、表面吸水試験機を用いたコンクリート表面からの吸水量の測定
表面反発度 テストハンマー強度	JSCE-G504「硬化コンクリートのテストハンマー強度の試験方法」に準拠したコンクリート表面の反発度の測定

行った。

中性化抑止性の評価のために、中性化深さと中性化速度係数に着目した。中性化深さは、 $\phi 40 \times 20$ mmのハンマードリルを使用して小径コアを採取し、同試料を割裂後、1.0%濃度のフェノールフタレイン溶液を噴霧して測定を行った。本試験では、フェノールフタレインによる発色深さがきわめて小さかったため、測定にはクラックゲージを使用し、測定結果は小数点以下1桁に丸めた。同一水路および環境条件につき試料は3本採取した。耐摩耗性ならびに通水性の評価においては、精度0.01 mmのレーザー変位計((株)キーエンス)を使用した水路側壁の表面形状の計測により、表面粗さを算出した。摩耗が最も進行するとされる喫水位(最多頻度流量時の水位)が含まれるよう、水路側壁の気中部から水中部までの15~20 cmを計

[†]愛媛大学大学院連合農学研究科

^{††}水路補修改修工法研究会

^{†††}(株)総合開発

^{††††}高知大学農学部



コンクリート開水路、無機系表面被覆材、補修、追跡調査、性能評価

測線とし、同一水路でのおおの3測線を計測した。付着性の評価では、建研式付着力試験機を使用し、補修材表面に接着した40 mm×40 mmの治具に一軸引張り試験を実施することにより、付着強度を算出した。サンプル数は各測定位置につき5とした。

以上の評価項目および試験方法により、前述の基本的要求性能を評価できると考えられたが、本調査では、表層透気係数、表面吸水量および表面反発度についても評価対象とした。現在までに、これらの評価指標が農業水利施設の性能照査に用いられるケースは少ない。しかし、上記指標を評価することで、補修箇所の緻密性や水密性といった特性を評価することができるとされる²⁾ことから、コンクリート開水路における補修材料の詳細な性能照査が可能になると考えた。なお、透気試験は、測定面を真空ポンプで減圧して浸透する空気量を計測するものであり、吸水試験と比較して、より微細な空隙の有無を評価することが可能となる。測定位置ごとの測定点数は、透気試験は3点、吸水試験は2点とした。

III. 補修後の開水路の概要

1. 調査対象としたコンクリート開水路

本調査では、同一の施工方法および材料で補修されたコンクリート開水路に対して、補修材料の諸性能の評価を実施した。調査対象とした開水路は、補修工事後の経過年数の異なる3躯体であり、経過年数はそれぞれ3年(I水路とする)、5年(T水路とする)、6年(M水路とする)である。3躯体すべてがK県内の支線農業用開水路であり、凍害や塩害などの特殊な自然環境に起因する劣化の影響を受けないことを確認している。

2. 補修工法および材料

本研究で対象とした補修工法は、ポリマーセメントモルタルの塗工による表面被覆工法である。本補修の特色として、下地処理後の既設躯体に対してケイ酸塩系表面含浸材を使用する点が挙げられる。含浸材を既設躯体表面に塗布することで、躯体内部のカルシウムや未水和セメントと反応し、水和反応が促進され、微細な空隙にC-S-H系のセメント結晶を生成する。結果として、既存コンクリートの緻密化を図ることが可能となる。

本補修の施工手順は以下のとおりである。まず、含浸材塗布後のコンクリート表面の乾燥状態を確認し、散水養生を行う。続いて、ポリマーセメントモルタルを所定の配合で練り混ぜ、施工面に対して塗り厚5 mmで平滑に塗工する。最後に、塗工箇所に対して再び含浸材の塗布および散水養生を行うものである。

IV. 性能評価の結果と考察

すべての調査対象水路において目視検査を行ったところ、補修箇所に浮きや剥がれなどの不具合は確認できなかった。このことから、施工後の経過年数で最長6年が経過しても、補修材と既設躯体とが良好に一体化していたといえる。目視以外の調査結果を路線ごとにまとめて表-2に示す。同表中の各評価指標の数値は測定値の平均値であり、平均値の下の()内には測定値の標準偏差を示す。

1. 中性化抑止性の評価

中性化深さの調査結果をみると、補修施工後の経過年数の短いI水路の方がM水路よりも中性化深さが大きくなった。この理由として、I水路は住宅街が近接しており、水路内への家庭排水の流入が影響したこと、下地コンクリートの品質がM水路と比較して

表-2 調査結果のまとめ

水路名	M水路 (補修施工後6年経過)		T水路 (補修施工後5年経過)		I水路 (補修施工後3年経過)	
測定位置	気中部上部	気中部下部	気中部	水中部	気中部	水中部
中性化深さ (mm)	0.6 (0.4)	0.1 (0.1)	測定を行わなかった		2.2 (0.5)	0.8 (0.3)
中性化速度係数 (mm/√year)	0.25	0.03	—		1.28	0.48
付着強度 (N/mm ²)	1.14 (0.50)	1.30 (0.31)	1.28 (0.42)	1.31 (0.32)	1.21 (0.28)	1.37 (0.10)
透気係数 (×10 ⁻¹⁶ m ²)	0.144 (0.107)	検出限界値以下	0.005 (0.005)	0.093 (0.019)	検出限界値以下	
10分間の表面吸水量 (ml)	0.24 (0.10)	0.22 (0.11)	0.14 (0.04)	0.40 (0.05)	まったく吸水しなかった	
基準反発度	41.7	41.0	48.2	38.1	43.2	43.7
テストハンマー強度 (N/mm ²)	35.0	34.1	43.2	30.4	36.9	37.5

劣っていたこと、が考えられた。

ここで、式(1)より算出した中性化速度係数に着目する。

$$y = b\sqrt{t} \quad \text{..... (1)}$$

ここに、 y ：中性化深さ (mm)、 b ：中性化速度係数 (mm/ $\sqrt{\text{year}}$)、 t ：中性化期間 (year) である。

算出した中性化速度係数より、20年経過後の中性化深さを推定すると、I水路の気中部を除くすべての測定箇所において、補修材の塗り厚である5mmより小さい値となることがわかった。一方、I水路の気中部は塗り厚よりも大きい値(5.72mm)となった。これについては、今後もモニタリングを継続していく過程で、周辺環境条件と中性化の進行状態とを併せて整理していく必要があると考えられた。

以上のことから、中性化深さおよび中性化速度係数に着目することで、中性化抑止性の現状評価および将来予測ができると考えられた。

2. 耐摩耗性および通水性の評価

補修施工後の経過年数が最長であるM水路における表面形状の計測結果を図-1に示す。同図は、水路壁面の喫水位を中心とし、測定断面を変えて鉛直に150mmおよび200mmを計測距離とした2種類のものである。同図より、それぞれ喫水位付近を頂点とした2mm程度の凹み(左図)と水中部における1mm程度の凹み(右図)を確認できる。一般に、水路コンクリートの摩耗は喫水位以下において進行するため、とくに喫水位付近および水中部にて摩耗による断面減少が生じたように捉えられる。一方、本補修の施工工程を鑑みるに、ポリマーセメントモルタルの塗工は、現場での左官工によるものである。したがって、本計測で得られた断面曲線には、施工時の左官工の際に生じた凹凸の影響が含まれたため、上述のような凹みに相当する箇所が生じた可能性が考えられる。したがって、本手法により補修材の耐摩耗性を評価すると、摩耗量そのものだけでなく、摩耗以外の要因に起因する表面形状の変化も含まれる可能性がある。一方、本調査において、施工後6年が経過した時点では摩耗そのものはほとんど進行していないとすれば、施工時に上記のような凹みが生じたとしても、将来的に摩耗の進行が問題とならない可能性もある。よって、塗工による表面仕上げの場合、定点における初期データ取得ならびに経時データの蓄積を図り、摩耗量の評価方法について検証を重ねるとともに、補修後の経過年数と摩耗の進行について明らかにする必要がある。

表面凹凸の定量的な評価のため、各測線における算術平均粗さ R_a および最大高さ R_z を環境条件別に算出した。6測線の平均 R_a は気中部で0.16mm、水中部

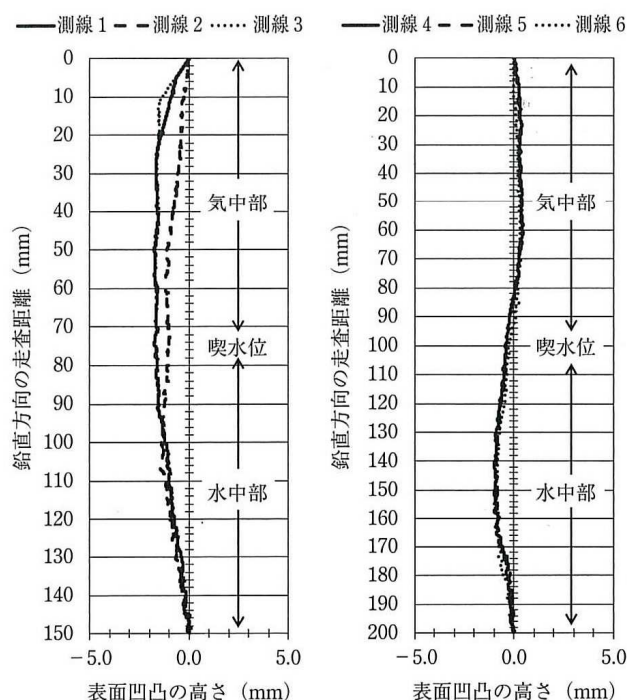


図-1 M水路における摩耗深さの計測結果

で0.16mmとなり、平均 R_z は気中部で0.82mm、水中部で0.69mmとなった。これより、環境条件の違いにかかわらず、摩耗量は非常に小さいものであり、現段階では、表面粗さの増加に伴う通水性の低下、すなわち粗度係数の増加は問題とならないと考えられた。

3. 付着性の評価

一軸引張り試験後の破断面の状態は、すべての測定において母材破断であり、付着強度は対象水路および環境条件にかかわらず、1.0N/mm²以上を示した。補修材料の付着強度の経時変化は明らかにされていないが、初期値として要求される品質規格値は標準条件および水中条件において、それぞれ1.5、1.0N/mm²と設定されている¹⁾。このことから、本調査では、施工から最長で6年が経過した時点では、補修材料と既設躯体との付着性が十分に保たれていると推察できた。

4. 緻密性ならびに水密性の評価

透気係数の測定結果を検証する。参考のため、T水路の気中部における未補修箇所(既設躯体)の透気係数を測定したところ、 $38.5 \times 10^{-16} \text{ m}^2$ となった。この値と比較すると、すべての補修水路において、得られた透気係数は非常に小さいことがわかる。とくに、経過年数が最も短いI水路においては、気中部と水中部ともに試験機の検出限界値以下となった。したがって、本調査で対象としたすべての補修材料は緻密化が継続しているとともに、農業用水路に不可欠である水密性を確保できていると推察された。

表面吸水試験においては、補修材表面における10

分間の吸水量を測定した。全体として、表層透気試験の結果とおおむね同じ傾向を示したことから、透気係数と表面吸水量に着目することで、補修材料の緻密さならびに水密性を正確に評価できているといえる。

N型シュミットハンマーを使用して、補修材料の表面反発度を測定した。テストハンマー強度は、以下の式(2)より算出した。

$$F = -18.0 + 1.27R_0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 F : テストハンマー強度 (N/mm^2), R_0 : 基準反発度である。

すべての補修水路において、得られたテストハンマー強度は同程度の値となった。よって、本試験を行うことで、比較的簡易に補修材料の緻密さおよび補修材と既設躯体との一体化を評価可能と考えられた。

V. まとめと今後の展望

本報では、コンクリート開水路に補修された無機系表面被覆材における施工後の追跡調査を通して、各種性能評価の方法およびその課題の抽出を試みた。結果として、本論で行った各種試験により、無機系表面被覆材の諸性能を評価することができた。また、本補修工法では、施工後最長6年が経過しても、補修材の性能低下は生じていないと推察された。

農業水利施設に適用される補修材料は、大きく分けると無機系と有機系の2種類に分類できる。とくに、無機系の補修材は既設躯体との一体化性や耐候性、周囲の景観との適合性が高いとされる³⁾。今後、農業水利施設に対して、ライフサイクルコストを念頭に置いた維持管理計画および補修計画を策定するためには、農業水利施設の補修において最も効果的である補修材料・工法の選定が重要になる。したがって、本報のようなモニタリングを各地で行い、得られた結果を公表していくことで、各種要求性能の品質規格値あるいはその評価方法そのものについても議論を深める必要がある。また、場合によっては、補修後間もなく補修材に不具合が確認される状況も想定される。その際には、そのような事態の発生原因を究明し、補修工事において早期劣化を防止するための留意点を併せて報告することで、農業水利施設特有の環境条件に適合した

補修方法について広く情報共有することができると考えられる。

参考文献

- 1) 農業土木事業協会：平成24年度版農業水利施設補修工事品質管理士講習会テキスト【開水路編】，pp.1~3 (2012)
- 2) 土木学会：けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案），丸善出版，pp.206~214 (2012)
- 3) 渡部昭彦：開水路の補修・補強に係る新工法の評価，農土誌73(11)，pp.64~65 (2005)

[2013.10.18.受稿]

長谷川雄基 (学生会員)



略 歴
1987年 静岡県に生まれる
2013年 高知大学大学院総合人間自然科学研究科修了
愛媛大学大学院連合農学研究科現在に至る

谷村 成



1972年 宮崎県に生まれる
2007年 (株) アストン入社
2008年 水路補修改修工法研究会事務局現在に至る

田中 基博



1952年 香川県に生まれる
1975年 近畿大学卒業
(株) 総合開発 (旧開発コンクリート(株)) 入社
現在に至る

高橋 慶吉



1958年 愛媛県に生まれる
1981年 大阪産業大学卒業
(株) 総合開発 (旧開発コンクリート(株)) 入社
2008年 水路補修改修工法研究会事務局現在に至る

佐藤 周之 (正会員)



1972年 熊本県に生まれる
2003年 鳥取大学大学院連合農学研究科修了
2005年 高知大学教育研究部農学部門准教授現在に至る