

研究成果報告書

研究開発課題名	プレキャストパネルを活用したコンクリート被覆に基づく腐食鋼矢板水路の迅速再生技術の開発
研究総括者	藤村ヒューム管株式会社 長崎 文博
研究開発組合	藤村ヒューム管株式会社 株式会社 水倉組 住理工商事株式会社 ジャパンライフ株式会社
試験研究機関	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 国立大学法人 新潟大学 農学部

1 事業の実施内容

1. 1 事業の背景及び目的

全国各地の低平排水不良地域の農業用排水路に普及する鋼矢板水路は、高度経済成長期に集中的に整備され、腐食に伴う経年劣化が顕在化している（写真-1）。既存施設の効率的なストックマネジメントにおいては、腐食劣化対策の技術的確立が急務である。

腐食劣化対策の従来技術として有機系被覆材等による鋼矢板の表面被覆保護が挙げられる。しかし、従来技術は、既設鋼矢板の腐食状態や水路内の湿潤又は高湿度環境条件により施工性や品質が左右され、被覆材の早期劣化に伴う鋼矢板の再劣化事例が見受けられる（写真-2）。腐食劣化が進行して施設の更新に至った場合、農家の費用負担が増大し農業経営にも影響を与えかねない。既存施設の長寿命化を図り、ライフサイクルコストを低減するためには、鋼矢板水路内での施工環境と品質に配慮した確実な補修技術が求められる。

本事業は、鋼矢板水路にプレキャストパネルと被覆コンクリートを施す保護工法（以下、本技術という）の開発を目的とする（写真-3、図-1）。全国に供給体制が確立し、耐久性に優れるコンクリートを被覆材に用いることで地域的な制約を受けずに施設の長寿命化を図ることができる。また、コンクリートは施工性が良く、湿潤又は高湿度環境下でも施工可能であることから、特別な技術や設備を必要とせずに劣化対策が可能となる。

技術開発にあたり、水路環境下に則した施工技術の高度化、既存施設および補修施設の診断技術、そして品質の定量化の3つの課題を設定し、本事業を実施した。

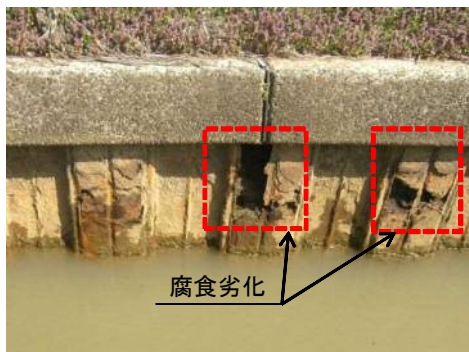


写真-1 鋼矢板の腐食劣化

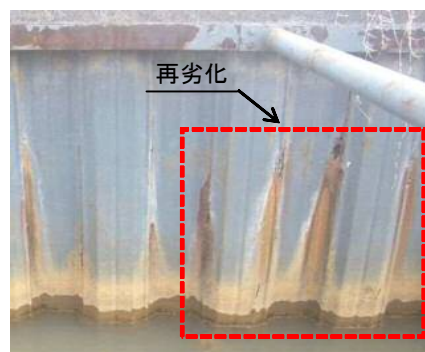


写真-2 被覆材の早期劣化による再劣化



写真-3 本技術の施工事例

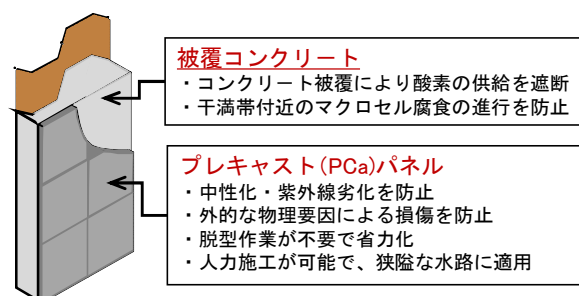


図-1 本技術の構造概要

1. 2 事業の内容及び実施方法

本事業では、3つの開発課題に対して、6つの研究開発項目を実施した。

開発課題	研究開発項目
施工技術の高度化	①構築部材の軽量化を図る技術の開発
	②流水条件下での迅速施工法の開発
施設診断手法の開発	③非破壊検査技術の開発
品質の定量化	④促進劣化、せん断付着試験
	⑤促進磨耗試験
	⑥水理特性試験

各研究開発項目の内容と実施方法は以下の通りである。

①構築部材の軽量化を図る技術の開発

- ・既設鋼矢板とプレキャストパネルの連結金具の改良と実証試験による効果確認

②流水条件下での迅速施工法の開発

- ・鋼製組立式仮設水路の実証試験による適用と効果の確認

③非破壊検査技術の開発

- ・赤外線画像を用いた非破壊検査による施工不良箇所確認技術の検討と実証試験による適用確認

④促進劣化、せん断付着試験

- ・鋼矢板-コンクリート供試体による促進劣化前後の引張付着特性の確認
- ・鋼矢板-コンクリート供試体によるせん断付着特性の確認

⑤促進磨耗試験

- ・プレキャストパネルの促進磨耗試験による耐磨耗性の確認

⑥水理特性試験

- ・模型水路によるプレキャストパネルの粗度係数の算出と流況の確認

1. 3 事業着手時に想定した技術的問題点への対応

技術的問題点	対応
施工技術の高度化 ・被覆材自重の既設構造物への影響低減 ・プレキャストパネル設置の施工効率化 ・流水環境下での施工効率化	①構築部材の軽量化を図る技術の開発 ・プレキャストパネルの設置構造の改良による被覆コンクリートの薄肉化と施工効率化
	②流水条件下での迅速施工法の開発 ・組立式仮設水路を活用した流水処理の実証
施設診断手法の開発 ・施工不良箇所の効率的な診断手法の開発	③非破壊検査技術の開発 ・赤外線画像を利用した診断手法の開発
品質の定量化 ・本技術の性能の定量的評価	④促進劣化、せん断付着試験 ・鋼矢板とコンクリートの付着特性の確認
	⑤促進磨耗試験 ・プレキャストパネルの耐摩耗性の確認
	⑥水理特性試験 ・プレキャストパネルの粗度係数の確認

1. 4 事業の実施体制

(1) 研究開発組合内の役割分担

研究開発項目	藤村 ヒューム管	水倉組	住理工 商事	ジャパン ライフ
①構築部材の軽量化を図る技術の開発	○	○	○	○
②流水条件下での迅速施工法の開発	○	○	-	-
③非破壊検査技術の開発	○	○	-	-
④促進劣化、せん断付着試験	○	○	-	○
⑤促進磨耗試験	○	○	○	-
⑥水理特性試験	○	○	-	○
実証試験	○	○	-	-
機能監視	○	○	-	-

(2) 試験研究機関と研究開発組合の役割分担

研究開発項目	農村工学 研究部門	新潟大学	研究開発 組合
①構築部材の軽量化を図る技術の開発	-	-	○
②流水条件下での迅速施工法の開発	-	-	○
③非破壊検査技術の開発	-	○	○
④促進劣化、せん断付着試験	-	○	○
⑤促進磨耗試験	-	○	○
⑥水理特性試験	○	○	○
実証試験	-	-	○
機能監視	-	○	○

1. 5 事業の年度計画と実績

項 目	平成 2 6 年度		平成 2 7 年度		平成 2 8 年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
①構築部材の軽量化を図る技術の開発	 			 		
②流水条件下での迅速施工法の開発		 		 		
③非破壊検査技術の開発	 					
④促進劣化、せん断付着試験			 			
⑤促進磨耗試験				 		
⑥水理特性試験			 		 	
実証試験				 		
機能監視			 			

注)  は計画、 は実績。

1. 6 研究開発の概要、結果、課題等

(1) 構築部材の軽量化を図る技術の開発

鋼矢板水路が供用される地域は軟弱地盤であることから、被覆コンクリート自重による鋼矢板の変位挙動への影響が懸念される(図-2)。過去の施工実績施設のモニタリング調査により、変位挙動が無い事を確認しているが、更に、本技術の信頼性を高めるため、施工性を損なわない範囲で被覆コンクリートの厚さを抑えて軽量化を図ることを目的とした。

被覆コンクリート厚さを低減するため、本技術の構築部材である連結金具を新たに開発し、実施工による効果の検証を実施した。

新型および従来型の連結金具を写真-4、連結金具によるプレキャストパネルの設置手順を図-3に示す。従来型の金具は、隣接するプレキャストパネル4枚をボルトで固定する構造である。最後に設置するプレキャストパネル(図-3「Case2 従来型金具 パネル4」)のボルト固定は、プレキャストパネルの裏側で作業するため作業スペースとして100 mm程度の確保が必要となる。この作業スペースの確保のため、被覆コンクリートの最小厚さは100 mmが限度であった。また、目視での作業ができないため作業性にも課題があった。以上より、プレキャストパネルの裏側での固定作業の改善を含めて被覆コンクリート厚を低減できる、新たな連結金具を開発した。

新型の連結金具の設置手順は、3枚目のプレキャストパネルの設置までは、従来型と同様にボルトにて固定し、最後に設置するプレキャストパネル(図-3「Case1 新型金具 パネル4」)を差し込み方式で設置する方式とした。これにより、作業員が目視できないプレキャストパネル裏側でのボルト固定作業を無くして作業効率を高めると共に、作業スペース確保による被覆コンクリート厚低減の制約を無くした。

新型の連結金具の実用性および効

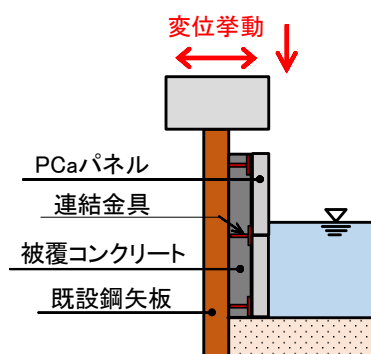


図-2 本技術の構築部材

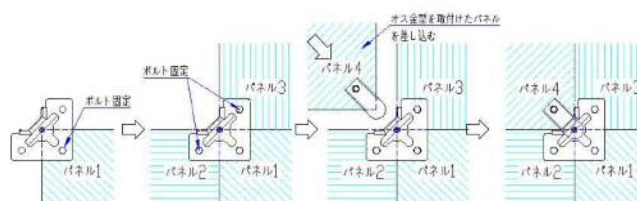


Case1 新型金具

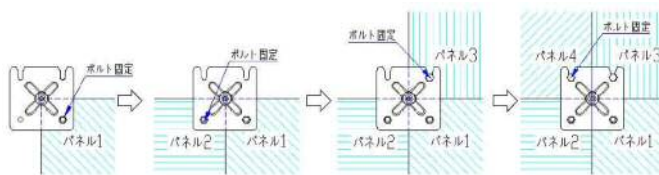


Case2 従来型金具

写真-4 連結金具



Case1 新型金具



Case2 従来型金具

図-3 プレキャストパネルの設置手順

表-1 新型金具の実証試験結果

項 目	単位	Case1 新型金具	Case2 従来型金具	低減率
被覆コンクリート厚	cm	6.0	10.0	40%
被覆コンクリート重量	kN/m ²	3.3	4.3	23%
PCaパネル設置作業時間	min/m ²	40	48	17%



Case1 新型金具



Case2 従来型金具

写真-5 被覆コンクリート厚の実証

果の検証を平成 27 年度の信濃川水系土地改良調査管理事務所発注のストックマネジメント技術高度化事業軽量鋼矢板排水路劣化対策工法現地実証試験(以下、「実証試験」という。)にて実施した。実証試験による成果を表-1 に示す。被覆コンクリート厚さは、Case2 従来型金具の 100 mm に対して Case1 新型金具は 60 mm となり、40%低減することができた(写真-5)。これによって、被覆コンクリート自重は 23%低減することができた。また、プレキャストパネル設置の作業性は、プレキャストパネルの裏側での固定作業を無くしたことで作業性が向上し、従来型金具に対して 17%の設置作業の短縮を実現した。

以上の成果から、既設鋼矢板の被覆補修工の全工程における経済性と工程短縮の効果を検証した。比較技術の断面図を図-4 に示す。比較技術は、本技術(プレキャストパネルとコンクリート被覆)の Case1 新型金具を用いた場合と Case2 従来金具を用いた場合、そして従来技術である Case3 有機系被覆工法の 3 ケースについて実施した。経済性の比較結果を表-2 に示す。経済性は、Case1 新型金具を用いた場合、Case2 従来金具に対して 1%の低減となった。また、Case3 有機系被覆工法に対して 11%低減の効果を得た。工程の比較結果を表-3 に示す。工程短縮は、Case2 従来型金具に対して 9%の低減、Case3 有機系被覆に対して 13%の低減効果を得た。

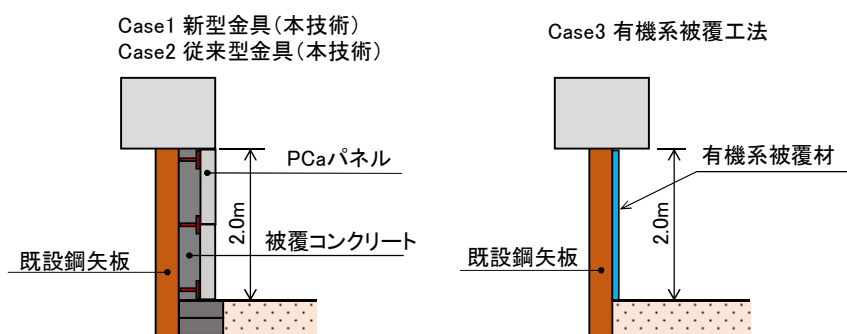


図-4 被覆補修工の比較断面図

表-2 鋼矢板の被覆補修工法の経済性比較

■施工規模：高さ 2.0 m×延長 100 m＝200 m² 当り

工 程	プレキャストパネルとコンクリート被覆		Case3 有機系被覆 (従来技術)	
	Case1 新型金具	Case2 従来型金具		
仮囲い工	-	-	97.4 万円	-
洗浄工・下地処理工	21.4 万円	21.4 万円 (0%)	120.5 万円	-
基礎工	4.1 万円	4.9 万円 (16%)	-	-
防食被覆工	453.0 万円	457.8 万円 (1%)	319.1 万円	-
合 計	478.5 万円	484.1 万円 (1%)	537.0 万円	(11%)

※1.仮囲い工は、Case3有機系被覆(従来技術)施工の際の鋼矢板乾燥作業時に必要。

※2.表中の括弧は、新型金具の低減率を示す。

表-3 鋼矢板の被覆補修工法の工程比較

■施工規模：高さ 2.0 m×延長 100 m＝200 m² 当り

工 程	プレキャストパネルとコンクリート被覆		Case3 有機系被覆 (従来技術)	
	Case1 新型金具	Case2 従来型金具		
仮囲い工	-	-	6 日	-
洗浄工・下地処理工	6 日	6 日 (0%)	18 日	-
基礎工	6 日	6 日 (0%)	-	-
被覆工	28 日	32 日 (13%)	22 日	-
合 計	40 日	44 日 (9%)	46 日	(13%)

※1.仮囲い工は、Case3有機系被覆(従来技術)施工の際の鋼矢板乾燥作業時に必要。

※2.表中の括弧は、新型金具の低減率を示す。

（２）流水条件下での迅速施工法の開発

鋼矢板水路の補修は、秋冬期の非かんがい期に限定され、気象や水利環境に影響されない工法が求められる。補修作業にあたっては、水路内の作業範囲を断水状態に保つため、作業範囲を締切り、流水を切廻しする仮排水対策（仮締切）が必要となる。この補修作業範囲の確保のための効率的な水の仮廻し計画が鋼矢板水路の補修工法の共通の課題となっている。

従来の仮締切は、写真-7 に示すように、大型土のうを使用して切廻し水路を構築し、作業範囲を確保していた。この方式では、片岸ずつ交互に施工することとなり作業効率が悪く、また仮締切の撤去の際に土のう袋および中詰土を廃棄物処分する必要があった。この解決策として鋼製組立式仮設水路（写真-6）の適用を検証し、写真-8 に示す実証試験を実施した。実証試験では、工期の短縮効果、仮設費の低減効果および産業廃棄物処分費の低減効果について検証した。

実証試験結果より算出した図-5 の比較断面による効果を表-4、表-5 に示す。表-4 の経済性効果として仮設工の工費を 11%低減、産廃処分費用を 97%低減し、仮締切工に関わる合計費用を 18%低減をすることができた。また、表-5 の工程短縮効果として仮締切工に関わる施工日数を 77%低減、鋼矢板水路の補修に関わる工程を 50%短縮することができた。ここで、鋼矢板水路の補修に関わる工程短縮は、組立式仮設水路の場合、補修工が両岸同時に施工できることによる効果である。



写真-6 鋼製組立式仮設水路



写真-7 大型土のうによる仮締切



写真-8 鋼製組立式仮設水路による仮締切

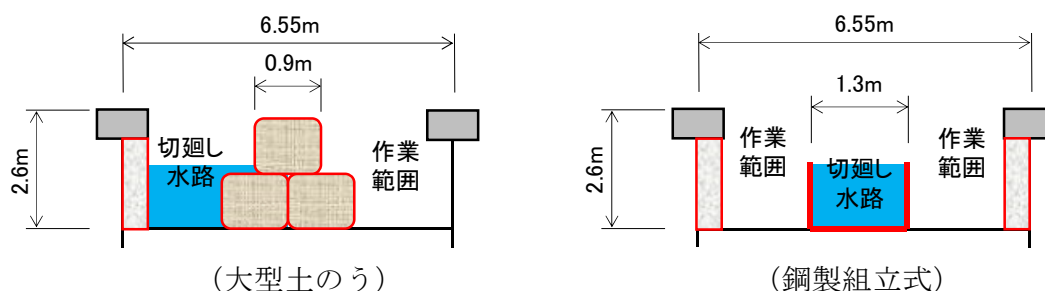


図-5 仮締切工の比較断面図

表-4 鋼製組立式仮設水路の経済性効果

■施工規模：延長 100m 当り

工 程		鋼製組立式水路	大型土のう	低減率
仮締切工	仮設工	604.6 万円	676.2 万円	11%
	産廃処分	2.2 万円	65.5 万円	97%
	合 計	606.8 万円	741.7 万円	18%

表-5 鋼製組立式仮設水路の工程短縮効果

■施工規模：仮締切工 延長 100m 当り

鋼矢板補修工 高さ 2.0 m×延長 100 m×両岸＝400 m² 当り

工 程		鋼製組立式仮設水路	大型土のう	低減率
仮締切工	土のう工	1.1 日	19.5 日	-
	鋼製組立式仮設水路工	2.7 日	-	-
	水替ポンプ工	1.2 日	2.4 日	-
	合 計	5.0 日	21.9 日	77%
鋼矢板補修工※	左岸	40.0 日	40.0 日	-
	右岸		40.0 日	-
	合 計	40.0 日	80.0 日	50%

※鋼矢板補修工は、表-3「Case1 新型金具」の工程日数で検討した場合。

（３）非破壊検査技術の開発

本工法は腐食した鋼矢板をプレキャストパネルにより被覆し、内部にコンクリートを充填することから、コンクリートの充填性が施工品質を左右する。このため、施工後にコンクリートの未充填箇所等の構造欠損を確認することが重要である。従来の確認方法は、目視や打音検査により行われていたが、内部の構造欠損を正確に確認できないことが課題であった。コア抜き等の破壊検査により確認することも可能であるが、施工後の施設に損傷を与えることが懸念される。本技術では、補修後施設の施工不良箇所を自主検査する手法として、非破壊検査技術の一つである赤外線サーモグラフィ法に着目した。赤外線サーモグラフィ法は、対象施設の広範囲を非破壊かつ非接触で効率よく評価可能であること、複合材料などの表面下の欠陥を検出可能であることから、補修後施設のコンクリート充填状況を効率的に自主検査できる。

本工法適用の可否を判断する前提条件として、既設鋼矢板水路の腐食状況を効率的に調査することが不可欠である。従来は目視調査による面的な調査と、超音波板厚計による残存板厚の調査が併用されてきた（写真-9）。本技術では、赤外線サーモグラフィ法により既設鋼矢板水路の腐食状況をスクリーニング可能か検討した。図-6に既存施設における赤外線計測・解析フロー図を示す。



写真-9 超音波厚さ計による計測

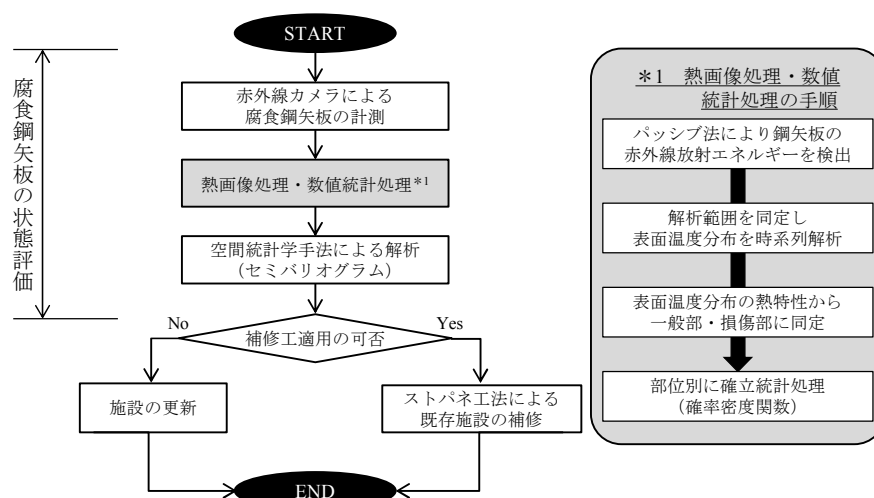


図-6 赤外線計測・解析フロー図（腐食鋼矢板の状態評価）



写真-10 赤外線サーモグラフィ
による計測

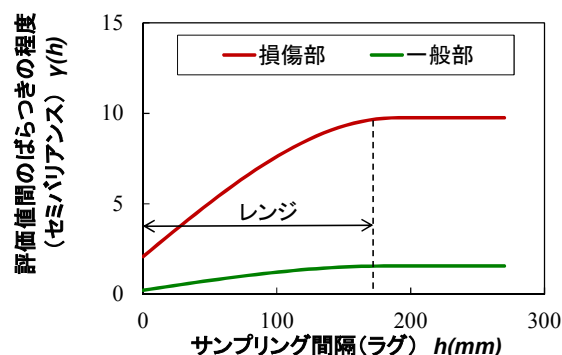


図-8 空間統計学手法
(セミバリオグラムモデル) による解析結果

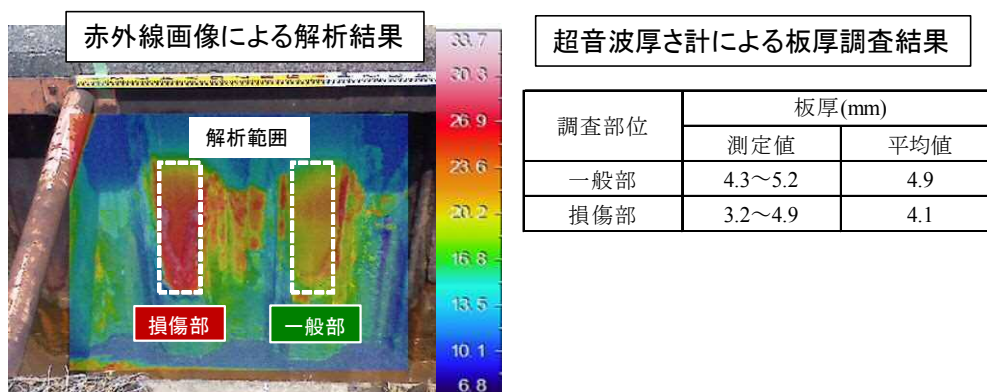


図-7 既設鋼矢板水路の赤外線画像解析結果と残存板厚の関係

写真-10 に示す既存施設（橋本排水路、水路幅 2.0m、水路高さ 2.0m、1977 年供用開始）において、赤外線画像を取得した。赤外線画像の取得は太陽光を熱源とするパッシブ法を用いた。その結果、鋼矢板の腐食が進行した損傷部で熱特性に大きな違いが見られた（図-7）。熱特性に大きな違いが見られた範囲では、物性値の空間分布特性をセミバリオグラムモデルにより定量評価可能であった。セミバリオグラムモデルの特徴は、計測データの空間依存性を評価できることにあり、赤外線画像により取得した平均的な物性値に加えて、局所的なばらつきを含む物性値の空間的分布特性を評価できる。図-8 は、横軸にサンプリング間隔であるラグ、縦軸にばらつきの程度であるセミバリエアンスを示したものであり、セミバリエアンスの最大値を示すレンジの有無により鋼矢板の腐食状態を評価した。既設鋼矢板の損傷部では、明確なレンジに基づくセミバリオグラムが確認され、物性値の空間的連続性が無くなることにより、セミバリエアンスの増加が確認された。赤外線放射エネルギーを空間統計学手法（セミバリオグラム解析）により定量化し、腐食状態をスクリーニングすることで既設鋼矢板の腐食状況の概況調査が可能になることを確認した。

次に補修後施設のコンクリート充填状況を確認するため、写真-11 に示す実証試験の現場（山崎排水路、水路幅 6.55 m、水路高さ 2.6 m、パネル施工高さ 2.0 m）において赤外線画像を取得した。図-9 に既存施設における赤外線計測・解析フロー図を示す。補修後施設の未充填部（人工欠損部）では、図-10 に示すように被測定物に熱移動が生じている時の欠陥による断熱温度場により健全部とは異なる温度分布となる。これにより、気温や太陽光による輻射熱の変化などに起因して表面温度差となって顕在化する。計測の結果、未充填部の熱特性は充填部と異なる傾向を確認した。図-11 に補修後施設の赤外線画像による人工欠損検出結果を示す。図-12 は 7 : 00、7 : 20、7 : 40 における表面温度分布の合算データを示す。解析の結果、充填部の表面温度の範囲は 2.3 °C（最大：26.3 °C，最小：24.0 °C）



写真-11 赤外線カメラ設置状況

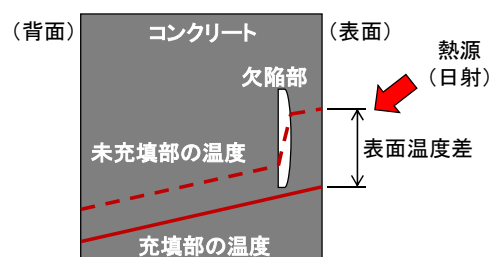


図-10 内部空隙検出の原理図

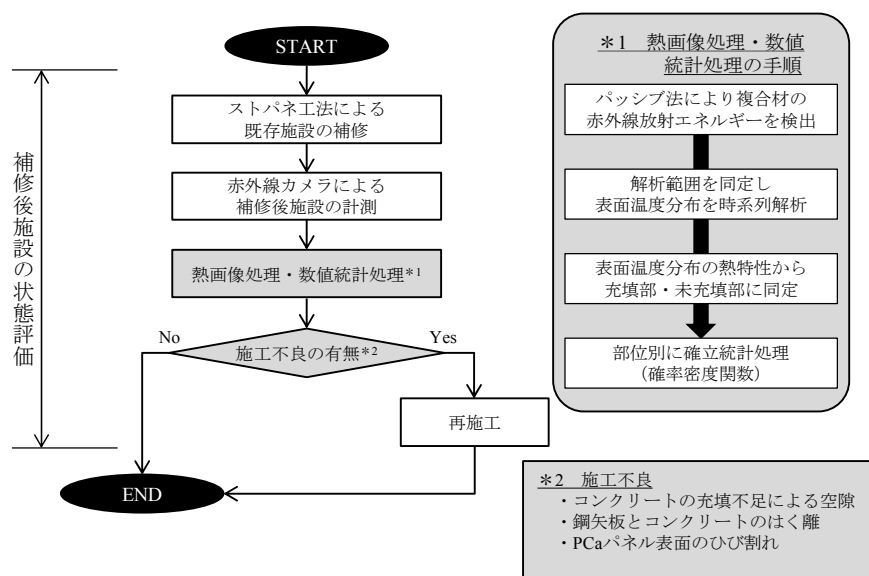
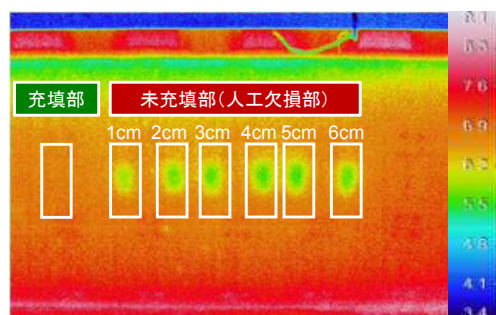


図-9 赤外線計測・解析フロー図（補修後施設の状態評価）



人工欠損用発泡スチロール(厚さ1cm～6cm)の設置状況

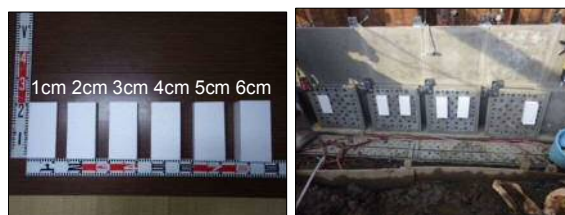


図-11 補修後施設の赤外線画像による人工欠損検出結果

であった。一方、未充填部の表面温度の範囲は 3.5°C ～ 4.6°C (最大: 28.4°C , 最小: 22.3°C) であった。未充填部では、気温や太陽光による輻射熱の変化などに起因して表面温度分布が拡大し、確率密度関数が充填部と比べて異なることが示された。赤外線画像から表面温度差を定量化することにより、補修後施設のコンクリート充填状況の自主検査が可能になることを確認した。

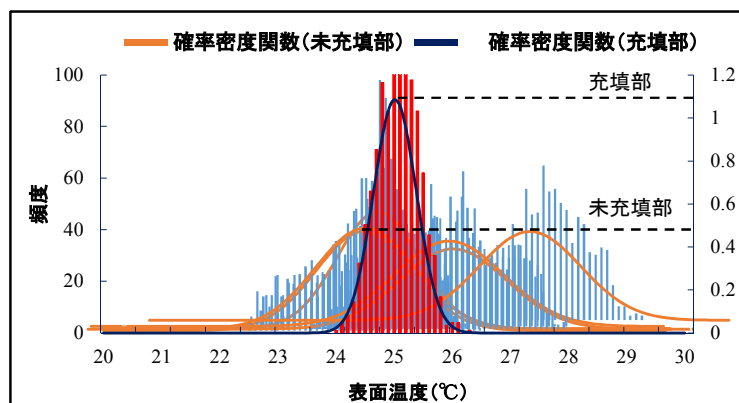


図-12 充填部と未充填部における熱特性の相違

（４）促進劣化、せん断付着試験

鋼矢板とコンクリートの付着性能を評価するため、促進劣化処理後の引張付着試験とせん断付着試験を実施した。

１）促進劣化試験

促進劣化試験は、鋼矢板-コンクリート供試体の凍結融解試験による促進劣化前後の引張付着強度を確認した。供試体は、**写真-12**に示す鋼矢板切片（150 mm×150 mm）にコンクリート（設計基準強度 $\sigma_{ck} = 18 \text{ N/mm}^2$ ）を打設した鋼矢板-コンクリート供試体を作製した。この供試体に**写真-13**の促進劣化処理（水中凍結融解処理 300 サイクル）を実施し、促進劣化試験前後の供試体による引張付着試験（**写真-14**）を実施した。

引張付着試験による荷重と変位の関係を**図-13**に示す。結果、促進劣化後の供試体において、促進劣化前と比較して引張付着強度の低下が見られたものの、実構造物で想定される被覆コンクリート自重の６倍程度の引張付着強度を有することを確認した（**表-6**）。

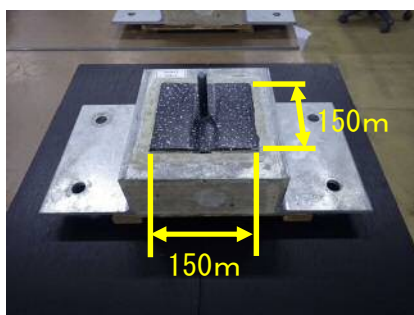


写真-12 供試体



写真-13 促進劣化処理



写真-14 引張付着試験

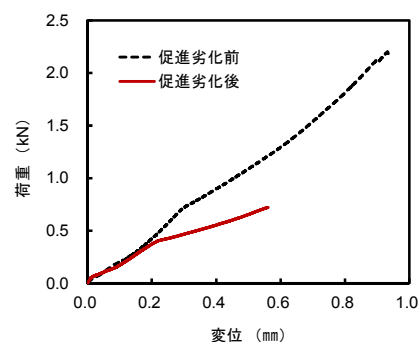


図-13 荷重と変位の関係

表-6 引張付着試験結果

供試体名	引張荷重 (kN)	(A) 付着強度 (kN/m ²)	(B) 被覆コンクリート質量 (kN/m ²)	A/B
促進劣化前	2.20	97.8	4.9	19.96
促進劣化後	0.72	32.0		6.53

2) セン断付着試験

せん断付着試験については、本工法の実構造物に則し、被覆コンクリート自重の作用方向における付着強度を確認するため実施した。図-14 に示す実物鋼矢板を用いた供試体（鋼矢板種別：LSP-ⅢD 型、供試体種類：凹型と凸型の 2 種類、コンクリート設計基準強度： $\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$ ）を作製し、万能試験機にてせん断付着試験（写真-15）を実施した。

せん断付着試験により得られた荷重-変位曲線を図-15 に示す。凸型供試体において、実構造物で想定される被覆コンクリート自重の 60 倍程度のせん断付着強度を有することを確認した（表-7）。

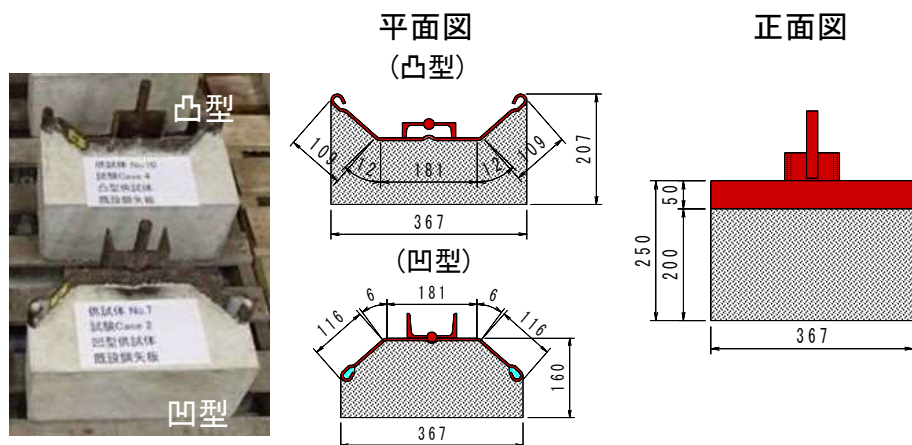


図-14 供試体形状図



写真-15 セン断付着試験

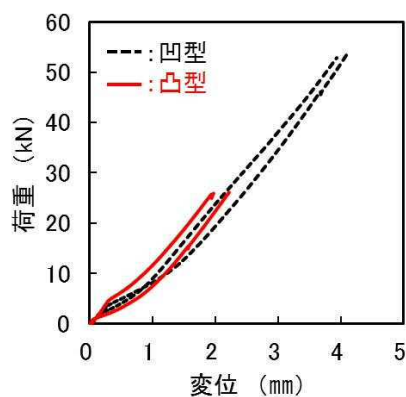


図-15 荷重と変位の関係

表-7 セン断付着試験結果

供試体名	引張荷重 (kN)	(A) セン断付着強度 (kN/m ²)	(B) 被覆コンクリート重量 (kN/m ²)	A/B
凹型供試体	52.8	621.2	4.9	127
凸型供試体	25.9	304.7		62

(5) 促進磨耗試験

プレキャストパネルの耐摩耗性について実証した。耐摩耗性の評価は、農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】(案)：平成 25 年 10 月に示される水砂噴流摩耗試験による照査方法を採用した。本マニュアルでは、図-16 に示す水砂噴流摩耗試験の 10 時間経過後の平均摩耗深さと標準モルタル供試体の平均摩耗深さの比により、供用 20 年経過後の耐摩耗性を評価している。モルタル系材料の場合、標準モルタル供試体の平均摩耗深さの比(相対比)が PCM の場合 1.5 以下、HPFRCC の場合 2.5 以下と品質規格値が定められている。

本研究では、水砂噴流摩耗試験による 20 時間経過後の相対比を求めた。供試体は、本技術で使用するプレキャストパネルの実物を所定の寸法(縦 195 mm×横 145 mm×厚さ 40 mm)に切り出して製作した(写真-16)。また、標準モルタル供試体は、JIS R 5201 に基づき材齢 28 日で製作した。

試験状況を写真-17、試験後の供試体の摩耗状況を写真-18 に示す。また平均摩耗深さの経時変化を図-17 に示す。試験の結果、プレキャストパネルの相対比 0.47 を示し、20 時間経過後においても前述のマニュアルの品質規格値を満足することを確認した(表-8)。以上から、本技術のプレキャストパネルは、十分な耐摩耗性を有することが実証された。



図-16 水砂噴流摩耗試験概要

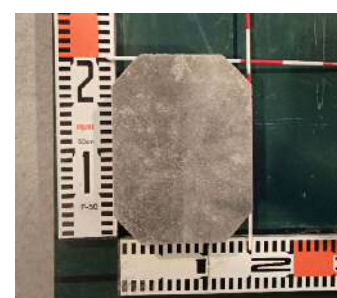
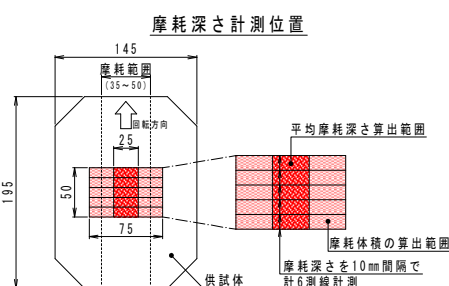


写真-16 供試体

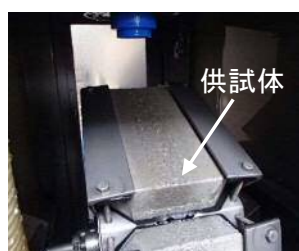


写真-17 試験状況



写真-18 供試体の摩耗状況

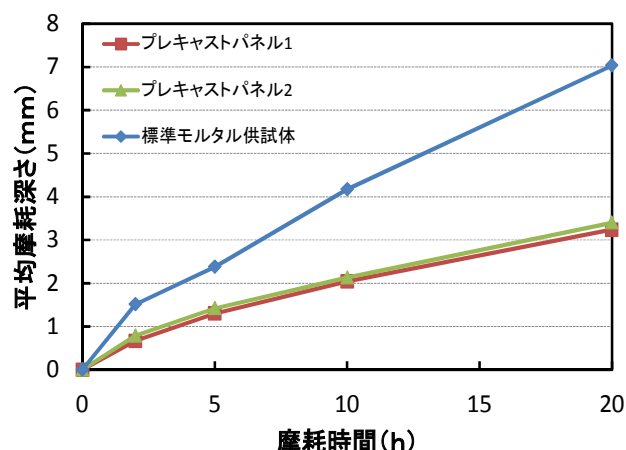


図-17 平均摩耗深さの経時変化

表-8 水砂噴流摩耗試験結果

平均摩耗深さ(mm)		相対比 F=A/B	判定 F≤1.5
(A) プレキャストパネル	(B) 標準モルタル供試体		
3.32	7.03	0.47	OK

（６）水理特性試験

プレキャストパネルの粗度係数の算出と本技術の施工前後の流況確認を水理特性試験により実施した。

１）粗度係数算出試験

本技術は、コンクリート被覆厚さによって鋼矢板水路を通水断面が減少する。一方、プレキャストパネルによって護岸は平滑となり粗度係数は低減する。これらの影響による本技術の施工前後の通水性能を確認するため、プレキャストパネルの粗度係数を模型試験により実証した（図-18、写真-19）。

図-19 に本試験によるプレキャストパネルの水深と粗度係数の関係を示す。試験の結果、プレキャストパネルの粗度係数は $n = 0.0096$ の結果を得た。この結果から算出した本技術施工前後の計算流量の比較を図-20 に示す。計算流量は水路幅 $B = 1.0 \text{ m} \sim 6.0 \text{ m}$ 、水路高 $H = 0.5 \text{ m} \sim 4.0 \text{ m}$ の範囲で算出した。本技術の施工後の流量は施工前と同等以上であり、通水性能に対するコンクリート被覆による断面減少影響は少ないことが確認できた。

２）流況確認試験

本技術の施工後は、粗度係数の低減による流速の上昇が予想される。河床が土砂である鋼矢板水路においては、流速の向上による河床洗掘が懸念されることから、本技術の施工前後の模型水路を製作し、流況確認を実施した。現在供用される鋼矢板水路で最も一般的な断面寸法を調査により算出（幅 $4.0 \text{ m} \times$ 高さ 2.0 m ）し、この $1/5$ スケールの施工前後の水路をモデル化して模型水路を製作した（図-21、写真-20）。本試験では、施工前後の流速の比較を行う流下能力試験と施工前後での河床土砂の状況を確認する土砂掃流性試験を実施した。

①流下能力試験

同一流量での流下能力は、予想の通り施工後が施工前と比較して、合成粗度係数の低減による流速の向上が確認された（表-9）。

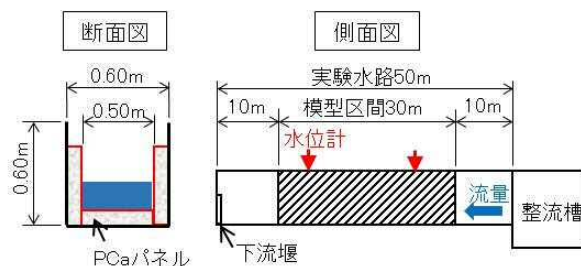


図-18 粗度係数算出試験の模型水路



写真-19 粗度係数算出試験状況

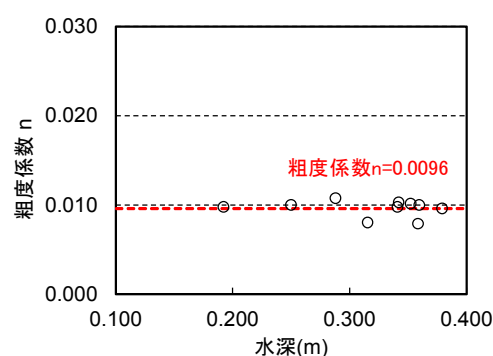


図-19 水深と粗度係数の関係

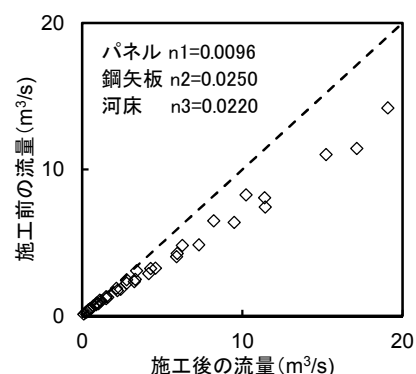


図-20 施工前後の計算流量比較

②土砂掃流性試験

土砂掃流性の確認は、模型水路の渠底にけい砂 5 号を敷き詰め、一定時間流水を続けた後のけい砂の流出量を確認した。結果、施工後の模型水路でのけい砂の流出率の低減が確認された（表-10）。施工前は鋼矢板の凹凸形状部での水流の乱れを起因とする砂の巻上げによる浮遊砂の流出が見られたのに対して、施工後は護岸の平滑化による整流化に伴って巻上げ流出が抑制されたと考えられる（写真-21）。

以上より、本技術による渠底土砂の下流域への流出低減効果が示唆された。これは下流域の排水機場等での土砂堆積の低減に繋がり、維持管理の軽減にも寄与することが期待できる。

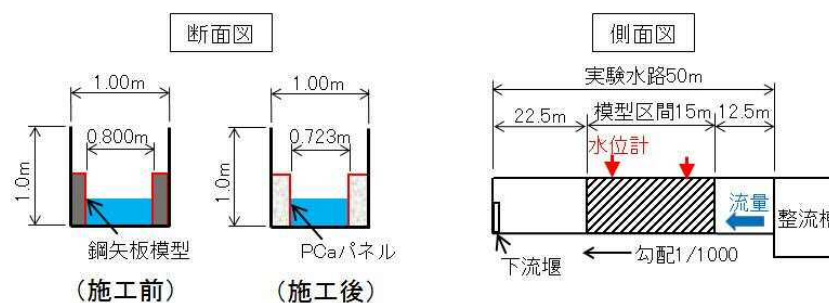


図-21 流況確認試験の模型水路



写真-20 流況確認試験状況

表-9 流下能力の試験結果

	流量 (m ³ /s)	0.02	0.04	0.06
施工前 (鋼矢板水路)	流速 (m/s)	0.078	0.142	0.200
	水深 (m)	0.322	0.350	0.374
	合成粗度係数	0.1388	0.0792	0.0581
	流速 (m/s)	0.088	0.162	0.227
施工後 (Co被覆水路)	水深 (m)	0.312	0.341	0.364
	合成粗度係数	0.1214	0.0689	0.0509

表-10 土砂掃流性の試験結果

項目	施工前 (鋼矢板水路)	施工後 (Co被覆水路)
勾配	1/1000	
流量 (m ³ /s)	0.07	
流下時間 (min)	390	
砂の規格	珪砂5号	
砂の敷設厚 (cm)	5	
砂の敷設重量 (kg)	912	821
砂の流下重量 (kg)	63	22
流下体積/敷設体積 (%)	6.9%	2.7%



写真-21 河床の砂紋分布

1. 7 実証試験（現場適用）の概要

実証試験の概要について、以下に示す。実証試験では、各研究開発項目の実証確認と機能監視を実施した。

1) 工事名

ストックマネジメント技術高度化事業軽量鋼矢板排水路劣化対策工法現地実証試験

2) 施工場所

新潟県新潟市江南区鵜ノ子地内 山崎排水路

3) 工事時期

平成 27 年 9 月 25 日から平成 28 年 1 月 29 日までの 127 日間

4) 工事概要

- ①鋼矢板コンクリート被覆保護工：高さ 2 m×延長 15 m×両岸=60 m² (写真-22)
- ②鋼製組立式仮設水路：幅 1.3 m×高さ 1.2 m×延長 30 m (写真-23)
- ③非破壊検査技術開発のための人工欠損設置 (写真-24)
- ④機能監視のための埋設型ミニセンサの設置 (写真-25)

5) 検討課題

- ①「構築部材の軽量化を図る技術の開発」の実証
- ②「流水条件下での迅速施工法の開発」の実証
- ③「非破壊検査技術の開発」の実証



(施工前)

(施工後)

写真-22 鋼矢板コンクリート被覆保護工



写真-23 鋼製組立式仮設水路

写真-24 人工欠損設置

写真-25 ミニセンサ設置

1. 8 機能監視の概要、結果、課題等

実証試験現場等の補修後の施設の機能監視と既存施設の鋼矢板土面側の腐食状況観察を実施した。

(1) 現場モニタリング評価

補修後施設における不具合の有無を評価するため、写真-26 に示す実証試験現場と他 2 ヶ所の補修後施設において現場モニタリング評価を実施した。施設概要を表-11 に示す。実施内容は、施工後施設の挙動を確認するための沈下量と変位量の計測、そして施工後施設の被覆コンクリート内部での腐食進行の有無を確認するための自然電位の計測である(図-22)。施設の沈下量と変位量の計測は、猿ヶ瀬排水路、大原第2号排水路および山崎排水路(実証試験現場)で行った。自然電位の計測は、山崎排水路で行った。尚、自然電位の計測は、直流電圧計を介して埋設型ミニセンサー(照合電極)と鋼矢板(試料金属)の電位差を計測し、鋼矢板の腐食状況の定性的な評価を行うものである。



猿ヶ瀬排水路



大原第2号排水路

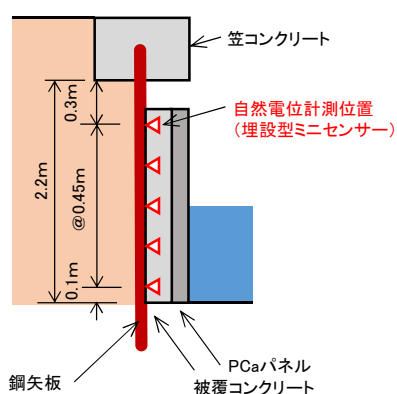
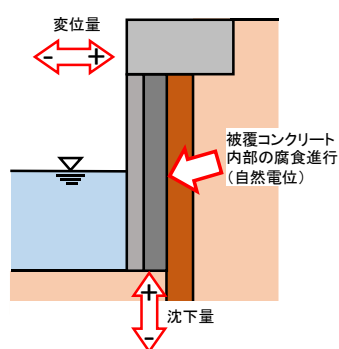


山崎排水路

写真-26 モニタリングの対象施設

表-11 モニタリング施設の概要

計測施設	水路形式	供用開始	補修時期	水路幅 (m)	水路高さ (m)	パネル施工高 さ (m)
猿ヶ瀬排水路	自立式	1982年	2012年	2.65	1.50	1.20
大原第2号排水路	自立式	1961年	2014年	5.10	1.50	1.10
山崎排水路	切梁式	1970年	2015年	6.55	2.60	2.00



自然電位計測状況



調査項目	計測項目	計測方法	計測施設		
			猿ヶ瀬排水路	大原第2排水路	山崎排水路
被覆コンクリートによる変位	変位量	スチールテープによる直接測定	○	○	○
被覆コンクリートによる沈下	沈下量	レベル視準による直接測定	○	○	○
被覆コンクリート内部の腐食進行	自然電位	電位計測による間接測定	-	-	○

図-22 モニタリングの計測項目

施設の沈下量および変位量については、表-12 に示す通り猿ヶ瀬排水路の最大変位量が若干高い-7 mm であった。農業用排水路における自立式鋼矢板の許容変位量は、土地改良事業計画設計基準・設計「水路工」において、護岸高さの 1/40（護岸高さ 4 m 以下）と設定されている。したがって、護岸高さ 1.5 m の猿ヶ瀬排水路における許容変位量は 37.5 mm となり、許容値を下回っていることから、施工後施設の不具合は発生しないことを確認した。

被覆コンクリート内部での腐食進行の有無については、自然電位計測を 2015 年 11 月 15 日から 2016 年 12 月 13 日の期間、2 週間に 1 回毎に継続的に実施した。表-13 に示す計測結果より、コンクリート被覆後は、コンクリート被覆前と比較して自然電位の平均値が貴側に移動することが確認された。表-14 に示す自然電位による腐食判定基準によれば、自然電位が卑側にある場合、腐食の確立が高くなることから現時点では補修前と比較して腐食の発生確率に変動は無いものと判断できる。

尚、計測期間が供用後約 13 ケ月と短期間であることから、今後も自主的なモニタリングを継続する予定である。

表-12 変位量および沈下量のモニタリング結果

計測項目	計測結果		
	猿ヶ瀬排水路	大原第2排水路	山崎排水路
変位量	最大値 -7 mm	最大値 -1 mm	最大値 -1 mm
沈下量	最大値 -1 mm	最大値 -1 mm	最大値 -2 mm

表-13 自然電位のモニタリング結果

計測項目	計測結果	
自然電位	コンクリート被覆前	平均値+152 mV (範囲:+145～+163 mV)
	コンクリート被覆後	平均値+265 mV (範囲:+112～+399 mV)

表-14 自然電位による腐食判定基準 ASTM (1999)

鉄筋腐食の可能性	自然電位 E (mV vs 海水 Ag/AgCl)
90%以上の確立で腐食なし	$-135 \leq E$
不確定	$-285 < E \leq -135$
90%以上の確立で腐食あり	$E < -285$

（２）既設鋼矢板の土面側腐食観察

本技術をはじめとする鋼矢板水路の表面被覆保護工法の実施にあたっては、鋼矢板土面側の腐食劣化状態の適切な評価が必要と考えられる。しかし、既設鋼矢板の引抜きや土面側の掘削による状態観察は、施設劣化を助長する恐れがある。そこで本研究では、写真-27 に示す既設鋼矢板のコア抜きによって観察試料（写真-28）を採取し、干渉型電子顕微鏡（wyko 社 NT3300）による試料の表面粗さの観察から腐食劣化特性を評価した（写真-29）。表面粗さの指標は、算術平均粗さで評価した。試料の板厚は、超音波厚さ計（AND 社 AD-3253）を用いて測定した。尚、既設鋼矢板との比較対象として、未使用鋼矢板の表面粗さも算出した。

図-23 に算術平均粗さと板厚減少量の関係を示す。結果、水路面は腐食による板厚減少量の増加に伴って算術平均粗さも増加する傾向が見られた。一方、土面は、板厚減少量に伴う算術平均粗さの増加傾向は見られつつも、板厚減少量に関わらず未使用鋼矢板と同程度の算術平均粗さであった。この結果から、水路面に対して土面の腐食速度が遅いものと推察される。

以上より、鋼矢板水路の腐食劣化では水路面の腐食進行の影響が支配的であり、既設鋼矢板水路の腐食劣化の抑制を目的として、水路面側の表面被覆保護の有効であると考えられる。



写真-27 鋼矢板のコア抜き状況

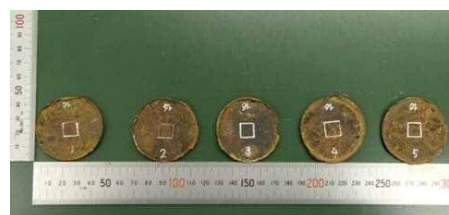


写真-28 観察試料（コア抜き切片）



写真-29 電子顕微鏡観察

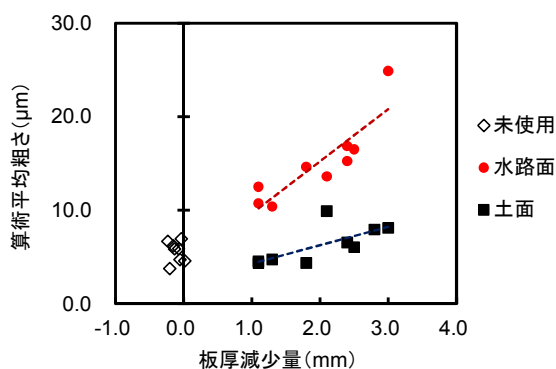


図-23 算術平均粗さと板厚の関係

2 事業の成果

2. 1 成果の内容

(1) 本事業の成果の内容

本事業の成果を表-15 に示す。

表-15 本事業の成果

開発課題	研究開発項目	成 果
施工技術の高度化	① 構築部材の軽量化を図る技術の開発	スライド式の連結金具の開発 ・被覆コンクリート厚低減 40% ・コンクリート重量低減 23% ・パネル設置の作業時間低減 17% ----- 従来工法（有機系表面被覆工法）との比較 ・施工費低減 11% ・工程短縮 13%
	② 流水条件下での迅速施工法の開発	鋼製組立式仮設水路の適用 ・仮締切工費低減 11% ・産廃処分費低減 97% ・仮締切工期短縮 77% ・鋼矢板補修工期短縮 50%
施設診断手法の開発	③ 非破壊検査技術の開発	赤外線画像による検査技術の検討 ・被覆コンクリート充填性を確認 ・既設鋼矢板の板厚分布を確認
品質の定量化	④ 促進劣化、せん断付着試験	促進劣化試験と付着試験の実施 ・促進劣化後の引張付着力が自重の 6 倍を確認 ・せん断付着力が自重の 60 倍を確認
	⑤ 促進磨耗試験	水砂噴流磨耗試験の実施 標準供試体に対する平均磨耗深さ比 $0.47 \leq 1.5$
	⑥ 水理特性試験	水理特性試験の実施 ・プレキャストパネル粗度係数 $n=0.0096$ を算出 ・合成粗度係数の低減 27% ・河床砂の流出低減を確認
機能監視		施設モニタリングの実施 ・施工後の不具合、変状無し ・鋼矢板土面側の腐食進行は見られない

1) 施工技術の高度化

新型の連結金具の開発により構築部材の重量の低減とプレキャストパネル設置の作業性向上を図ることができた。また、鋼製組立式仮設水路による流水処理の効率化を実現した。

2) 施設診断手法の開発

赤外線サーモグラフィ法を用いることで、既設鋼矢板水路の機能診断と補修後施設の施工の確実性の診断を効率的に評価できることを実証した。

3) 品質の定量化

促進劣化試験および付着試験、促進摩耗試験、水理特性試験を実施し、これらの性能を定量的に評価することで本技術の信頼性を確認した。

4) 機能監視

実証試験現場等でモニタリングを実施し、施工後施設に腐食進行や変位挙動などの変状が生じないことを確認した。また、既設鋼矢板の土面側の腐食性状を調査し、鋼矢板水路の腐食劣化は水路面での腐食進行の影響が支配的であることを確認した。

(2) 論文・報文及び口頭発表

①論文・報文

- 1) 小林秀一, 佐藤弘輝, 長崎文博, 鈴木哲也: 熱画像データを用いた鋼矢板 - コンクリート複合材のひび割れ検出, コンクリート工学年次論文集, 36 (1), pp. 1996-2001, 2014.
- 2) 佐藤嘉康, 萩原太郎, 小林秀一, 鈴木哲也: 鋼矢板水路の腐食特性と保護対策に関する実証的研究, 農業農村工学会誌, 82(12), pp. 7-10, 2014.
- 3) 小林秀一, 鈴木哲也: 赤外線画像のセミバリオグラム特性に基づくコンクリートひび割れの定量評価, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 70, No.2, pp. I_107- I_114, 2014.
- 4) 小林秀一, 鈴木哲也, 森井俊広: 赤外線画像の空間統計処理による被覆コンクリートのひび割れ検出, 新潟大学農学部研究報告第 66 巻 2 号, pp. 147-154, 2014.
- 5) Suzuki, T. and Kobayashi, S.: Conservation of Corroded Steel Sheet Pile using Concrete Coating, the 15th Structural Faults and Repair, 2014.
- 6) Kobayashi, S., Suzuki, T. and Morii, T.: Development of Steel Sheet Pile - Concrete Composite for Conservation of Corroded Agricultural Canal, the 13th Conference of International Society of Paddy and Water Environment Engineering, p. 158, 2014.
- 7) 小林秀一, 鈴木哲也, 森井俊広: 熱画像データの空間統計処理に基づく鋼矢板水路の腐食実態評価, 土木学会論文集 F6 (安全問題), 70 (2), I_137-I_142, 2014.
- 8) 佐藤弘輝, 鈴木哲也, 長崎文博, 小林秀一: AE 法に基づく鋼矢板 - コンクリート被覆材の付着特性評価, コンクリート工学協会年次論文集, pp. 1918-1923, 2015.
- 9) 小林秀一, 鈴木哲也, 長崎文博, 佐藤弘輝: 組立式仮設水路を活用した鋼矢板へのコンクリート被覆施工, コンクリート工学協会年次論文集, pp. 1996-2001, 2015.
- 10) 小林秀一, 鈴木哲也, 森井俊広: AE 法を用いた鋼矢板 - コンクリート複合材の付着特性評価, コンクリート構造物の非破壊検査論文集, Vol. 5, pp. 59-64, 2015.
- 11) Suzuki, T. and Kobayashi, S.: Evaluation of Bending Properties of Corroded Steel Sheet Pile-Concrete Composite by AE, International Conferenced the Regeneration and Conservation of Concrete Structures, 2015.
- 12) 佐藤弘輝, 鈴木哲也, 小林秀一: AE 指標を用いた鋼矢板 - コンクリート複合材の付着特性の定性評価, コンクリート工学協会年次論文集, 2016.
- 13) 小林秀一, 鈴木哲也, 長崎文博, 佐藤弘輝: アクティブ赤外線サーモグラフィデータの空間統計処理に基づく鋼矢板 - コンクリート複合材の熱特性評価, コンクリート工学協会年次論文集, 2016.
- 14) 鈴木哲也: 農業水利施設の水理・水利用実態に起因する鋼矢板材の腐食と補修・補強対策, 農業農村工学会材料施工研究部会誌, pp. 23-29, 2016.

②口頭発表

- 1) 小林秀一，鈴木哲也，森井俊広：熱画像データの空間統計処理に基づく鋼矢板 - コンクリート複合材のひび割れ検出，第 41 回土木学会関東支部技術研究発表会，CD-R，2014.
- 2) 小林秀一，鈴木哲也，森井俊広：コンクリート被覆を施した腐食鋼矢板の赤外線画像特性，第 68 回セメント技術大会，CD-R，pp. 330-331, 2014.
- 3) 小林秀一，鈴木哲也，森井俊広：赤外線画像の空間統計処理による被覆コンクリートのひび割れ検出，第 17 回応用力学シンポジウム講演概要集，pp. 299-300, 2014.
- 4) 小林秀一，鈴木哲也，森井俊広：赤外線画像を用いた鋼矢板の腐食実態評価に関する研究，平成 26 年度農業農村工学会講演会講演要旨集，CD-R，2014.
- 5) 佐藤弘輝，長崎文博，小林秀一，鈴木哲也：AE パラメータを用いた鋼矢板-コンクリート複合材の付着特性評価，平成 26 年度農業農村工学会講演会講演要旨集，CD-R，2014.
- 6) 小林秀一，鈴木哲也，森井俊広：AE パラメータ解析を用いた鋼矢板-コンクリート複合材の付着特性評価，第 71 回農業農村工学会京都支部研究発表会講演要旨集，pp. 116-117, 2014.
- 7) 佐藤弘輝，鈴木哲也，長崎文博，小林秀一：AE パラメータを用いた鋼矢板とコンクリートの付着特性評価，第 65 回農業農村工学会関東支部研究発表会講演要旨集，pp. 39-40, 2014.
- 8) 小林秀一，鈴木哲也，森井俊広：表面性状の異なる鋼矢板-コンクリート複合材の付着特性評価，第 32 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集，pp. 354-355, 2014.
- 9) 佐藤弘輝，鈴木哲也，長崎文博，小林秀一：AE パラメータによる鋼矢板補修材料の付着性能評価，第 32 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集，pp. 450-451, 2014.
- 10) 小林秀一，鈴木哲也，長崎文博，佐藤弘輝：組立式仮設水路を活用した流水環境での鋼矢板水路の補修工，第 42 回土木学会関東支部技術研究発表会講演要旨，CDR, 2015.
- 11) 佐藤弘輝，鈴木哲也，長崎文博，小林秀一：AE 法に基づく表面性状の異なる鋼矢板切片の付着特性評価，第 42 回土木学会関東支部技術研究発表会講演要旨，CDR, 2015.
- 12) 小林秀一，鈴木哲也，森井俊広：AE パラメータを用いた表面性状の異なる鋼矢板切片とコンクリートの付着特性に関する実験的検討，第 69 回セメント技術大会，CD-R，pp. 68-69, 2015.
- 13) 長崎文博，鈴木哲也，小林秀一，佐藤弘輝：農業用排水路で供用された鋼矢板の表面粗さ観察による腐食劣化特性の評価，平成 27 年度農業農村工学会講演会講演要旨集，CD-R, 2015.
- 14) 小林秀一，鈴木哲也，長崎文博，佐藤弘輝：アクティブ赤外線サーモグラフィによる鋼矢板の表面性状評価に関する研究，平成 27 年度農業農村工学会講演会講演要旨集，CD-R, 2015.
- 15) 小林秀一，鈴木哲也，長崎文博，佐藤弘輝：組立式仮設水路を活用したコンクリート被覆による鋼矢板水路の保全，土木学会全国大会第 70 回年次学術講演会講演概要集，CD-R, 2015.

- 16) 小林秀一, 鈴木哲也, 長崎文博, 佐藤弘輝: AE パラメータを用いた鋼矢板補修材料の付着特性評価に関する研究, 第 20 回アコースティック・エミッション総合コンファレンス論文集, pp. 165-168, 2015.
- 17) 佐藤弘輝, 鈴木哲也, 長崎文博, 小林秀一: 鋼矢板-コンクリートの付着破壊時の AE に着目した付着特性評価, 農業農村工学会第 72 回京都支部研究発表会要旨集, pp. 158-159, 2015.
- 18) 小林秀一, 鈴木哲也, 森井俊広: アクティブ赤外線サーモグラフィによる鋼矢板 - コンクリート複合材の表面性状評価, 第 33 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, pp. 434-435, 2015.
- 19) Kobayashi, S., Suzuk, T., Sato K. and Nagasaki, Y.: Conservation of Corroded Steel Sheet Pile Canal in Flowing Water Conditions, IWA LESAM 2015, Strategic Asset Management of Water and Wastewater Infrastructures, Yokohama, November 17-19, 2015.
- 20) 小林秀一, 鈴木哲也, 佐藤弘輝, 長崎文博: コンクリート・パネルを活用した鋼矢板水路保護のためのストパネ工法の開発, 平成 27 年度農業農村工学会京都支部研修会, pp. 53-60, 2016.
- 21) 佐藤弘輝, 鈴木哲也, 小林秀一: AE パラメータを用いた鋼矢板 - コンクリート複合材の付着特性評価に関する実験的研究, 第 43 回土木学会関東支部技術研究発表会講演要旨, CDR, 2016.
- 22) 小林秀一, 鈴木哲也, 長崎文博, 佐藤弘輝: 赤外線サーモグラフィデータを用いた鋼矢板 - コンクリート複合材の熱特性評価, 第 43 回土木学会関東支部技術研究発表会講演要旨, CDR, 2016.
- 23) 小林秀一, 鈴木哲也: 赤外線サーモグラフィデータのセミバリオグラム解析による腐食鋼矢板の定量評価, 第 19 回土木学会応用力学シンポジウム要旨集, pp. 175-176, 2016.
- 24) 長崎文博, 鈴木哲也, 小林秀一, 佐藤弘輝: 農業用排水路で供用された鋼矢板の表面粗さ観察による腐食劣化特性の評価, 平成 27 年度農業農村工学会講演会講演要旨集, CD-R, 2015.
- 25) 長崎文博, 鈴木哲也, 小林秀一, 田村淳也: 鋼矢板水路の補修工法の開発と実構造物への適用検証, 平成 28 年度農業農村工学会講演会講演要旨集, CD-R, 2016.
- 26) 小林秀一, 鈴木哲也, 本田泰大, 長崎文博, 中達雄, 樽屋啓之: 鋼矢板水路構造へのコンクリート・パネルの適用と水理特性の改善, 平成 28 年度農業農村工学会講演会講演要旨集, CD-R, 2016.
- 27) 田村淳也, 鈴木哲也, 小林秀一, 長崎文博: AE 法を援用した鋼矢板 - コンクリートの付着試験時に発生する弾性波特性, 平成 28 年度農業農村工学会講演会講演要旨集, CD-R, 2016.
- 28) 小林秀一, 本田泰大, 鈴木哲也, 長崎文博, 樽屋啓之: 鋼矢板護岸への PCa パネル被覆による土砂流出抑制効果の検証, 第 34 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, pp. 458-459, 2016.
- 29) 田村淳也, 鈴木哲也, 小林秀一, 長崎文博: 鋼矢板 - コンクリート複合材の付着試験における AE と力学特性の関係, 第 34 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, pp. 382-383, 2016.

2. 2 目標の達成度

(1) 成果から得られる効果

軟弱地盤に構築された農業用排水路である鋼矢板水路は、特徴的な腐食による経年劣化が生じており、対策にあたっては効率的な施設診断を実施し腐食劣化状態を把握できる技術の構築が必要である。また、水路の補修にあたっては、非かんがい期の限られた工期で、更に湿潤又は高湿度な流水環境下での確実な施工方法の確立が課題であった。

本事業では、水環境下での施工の高度化、施設の機能診断および品質の定量化の技術開発を実施し、これらの課題を解決することができた。

本技術によって、全国に普及する鋼矢板水路のストックマネジメントを踏まえた効率的な保全管理を図ることができる。これにより、農家の費用負担の低減にもつながると共に、近年、湛水被害の低減に大きな役割を担う鋼矢板水路の適切な維持管理は国民生活の安全にも寄与できる。

(2) 従来技術との比較

1) 比較する従来技術

有機系表面被覆工法による鋼矢板の補修と大型土のうによる仮締切

比較概要：鋼矢板水路補修工 高さ 2.0 m×延長 100 m×両岸 =400 m²

仮締切工 延長 100 m

2) 従来技術に対する優位性

①経済性

向上。従来技術と比較して、14%程度低減する（表-16）。

②工程

向上。従来技術と比較して、61%程度短縮する（表-17）。

③品質

向上。従来技術と比較して、被覆材が耐候性に優れる。

④安全性

向上。従来技術と比較して、作業時の材料飛散の懸念が無く、安全性が向上する。

⑤施工性

向上。従来技術と比較して、既設鋼矢板表面が湿潤状態でも施工が可能で、下地処理が容易である。

⑥周辺環境への影響

向上。従来技術と比較して、河床砂の下流への流出が抑制され排水機場等での土砂堆積が減少する。

表-16 経済性比較

工 程		本技術	従来技術	低減率	備考
仮締切工		606.8 万円	741.7 万円	18%	表-4
鋼矢板補修工	右岸	478.5 万円	537.0 万円	11%	表-2
	左岸	478.5 万円	537.0 万円	11%	
合計		1563.8 万円	1815.7 万円	14%	

表-17 工程比較

工 程		本技術	従来技術	低減率	備考
仮締切工		5 日	22 日	77%	表-5
鋼矢板補修工	右岸	40 日	46 日	57%	表-3 ※本技術は両岸同時施工
	左岸		46 日		
合計		45 日	114 日	61%	

2. 3 成果の利用に当たっての適用範囲・留意点

(1) 適用範囲

本技術の適用範囲は、農業用排水路、河川およびため池などに供用される鋼矢板護岸の防食を目的とする補修に適用できる。また、これらの用途による新設の鋼矢板護岸にも適用できる。

(2) 留意点

本技術の適用にあたり、以下について確認する必要がある。

- ①補修対象の既設鋼矢板の腐食代が残存すること
- ②補修対象の既設鋼矢板に諸基準を超える変位やハラミ等の変状が生じていないこと

3 普及活動計画

3. 1 想定される利用者

農業用水利施設を管理する国、県、市町村、土地改良区など

3. 2 利用者への普及啓発等の方法

- ①工法説明会、現場見学会の実施
- ②展示会等への出展
- ③学会等での報文、技術レポートおよび口頭発表

3. 3 利用者に対するサポート体制、参考資料等

- ①施工要領書と出来形管理基準の整備による施工品質の確保
- ②施工ネットワーク体制の確立による安定した施工対応を実施

3. 4 特許・実用新案等の申請予定

(1) 申請者予定者

特許出願者（6名）：長崎文博、佐藤弘輝（藤村ヒューム管）
 本田明、小林秀一（水倉組）
 神吉眞一、小林俊寛（ジャパンライフ）

(2) 申請予定時期

特許出願日：平成 28 年 5 月 9 日

4 研究総括者による自己評価

項 目	自己評価	自己評価の理由
研究計画の効率性・妥当性	A	鋼矢板水路の補修工法の実用化にあたり、研究課題が多岐に渡ったが、効率良く研究開発を進めることができた。 開発工法の実用性について、構築部材の改良を行い、この効果を実証施工により確認することができた。また、工法の性能を各個別試験により定量化することができた。以上より、研究計画が妥当であったと考える。
目標の達成度	A	既設構造物の環境や施工効率に配慮した構築部材の改良および仮設水路による流水処理の効率化を実証試験により実現した。また、性能試験を完了させ、工法の品質性能を定量化できた。以上より、鋼矢板水路の補修工法として実用レベルに達した。 今後は、施設の変状や腐食の進行等の現場モニタリングについて長期的な評価が必要と考え、非破壊検査手法を通じて自主的にモニタリングを継続的する予定。
研究成果の普及可能性	A	老朽化および耐用年数を超える鋼矢板水路は全国で年々増加しており、早急な対応が望まれている。しかし、農業用排水路の補修は非灌漑期に限られ、厳しい環境下での施工が余儀なくされる。本研究による開発技術は、施工環境に関わらず高い施工品質を確保できる工法として今後の普及が期待できる。
総合コメント 本研究は、腐食により老朽化する鋼矢板水路の補修工法として、プレキャストパネルと被覆コンクリートで保護する補修工法を開発した。品質の定量化と実証試験による効果確認を実施し、研究達成度は実用化レベルに達している。今後は、実証試験施設の長期的なモニタリングの継続を予定している。		

注) 評価結果欄は、A、B、Cのうち「A」を最高点、「C」を最低点として3段階で記入する。

5 今後の課題及び改善方針

施工施設の長期的なモニタリングを継続する予定である。また、対策後の再劣化時（主に残存供用期間を超えた場合）の補修・再生方法の検討の必要がある。