

研究成果報告書

研究課題名	農業用水路に要求される機能と施工環境条件に合致した合理的な表面被覆工法の総合開発
研究開発組合代表者名	岡三リビング株式会社 代表取締役 梅林文夫

1. 研究目的（研究開発の概要図等添付）

現下の厳しい社会経済状況や循環型社会への移行が喫緊の課題となる中で、総延長4万kmにも及ぶ基幹農業用水路の機能を適正に維持していくため、機能低下の原因と程度に応じた適期・適切な補修・補強による長寿命化工法の確立が求められている。

本研究開発事業では、水路特有の砂などが混入した流水に対する耐摩耗性能と、気温の日変動・年変動による躯体のひび割れの開閉現象（以降、ゼロスパン現象という）に対するひび割れ追従性能の両者に対応できるモルタル系、樹脂系、アスファルト系の被覆材を選定し、その素材特性を活用することによって、農業用水路に要求される性能、水路特有の変状、厳しい施工環境条件に合致した合理的な農業用水路の表面被覆工法の総合的な確立を目的とした。

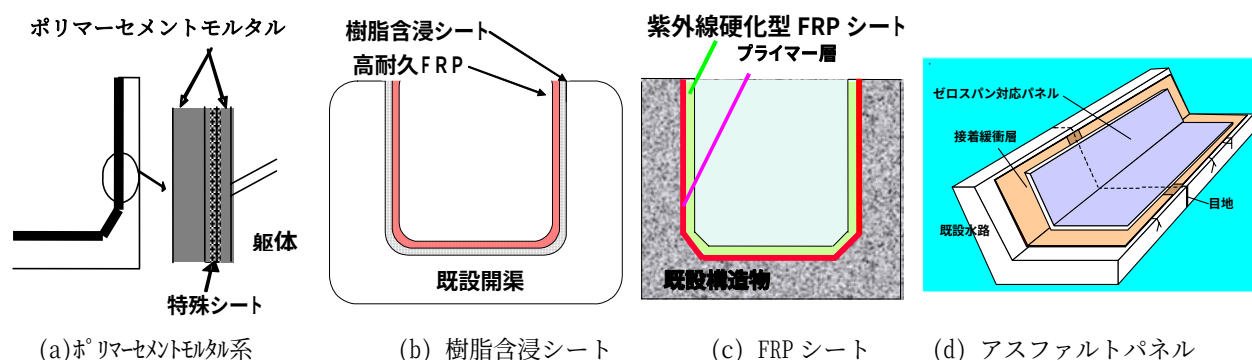


図-1 表面被覆工法の概要

2. 研究内容

本研究開発事業のテーマは、表面被覆材を活用し、農業用水路の要求性能や農業用水路に特有の変状および機能低下に対応でき、かつ経済性、施工性および耐久性に優れる、農業用水路の表面被覆工法の開発を目指すものである。本研究開発では、農業用水路の表面被覆材料に要求される性能を再確認し、要求性能に応じた最適な設計を行い、農業用水路の実情に照らし合わせた性能評価を実施するとともに、農業用水路を連続的に補修可能とする施工方法を確立するものとして次のテーマを遂行した。

- ① 農業用水路の劣化原因・変状程度および水路躯体の伸縮挙動の把握
- ② 表面被覆材の目標性能の設定
- ③ 表面被覆材の開発
- ④ 表面被覆材の性能評価手法の確立
- ⑤ 開発した表面被覆材を用いた施工システム（補修工法）の開発
- ⑥ 補修工法の現場実証試験および品質管理・維持管理方法の確立
- ⑦ 補修材料・工法の耐久性評価
- ⑧ 表面被覆材料の耐用年数を考慮したライフサイクルコストの評価

研究開発の全体フローを図-2 に示す。

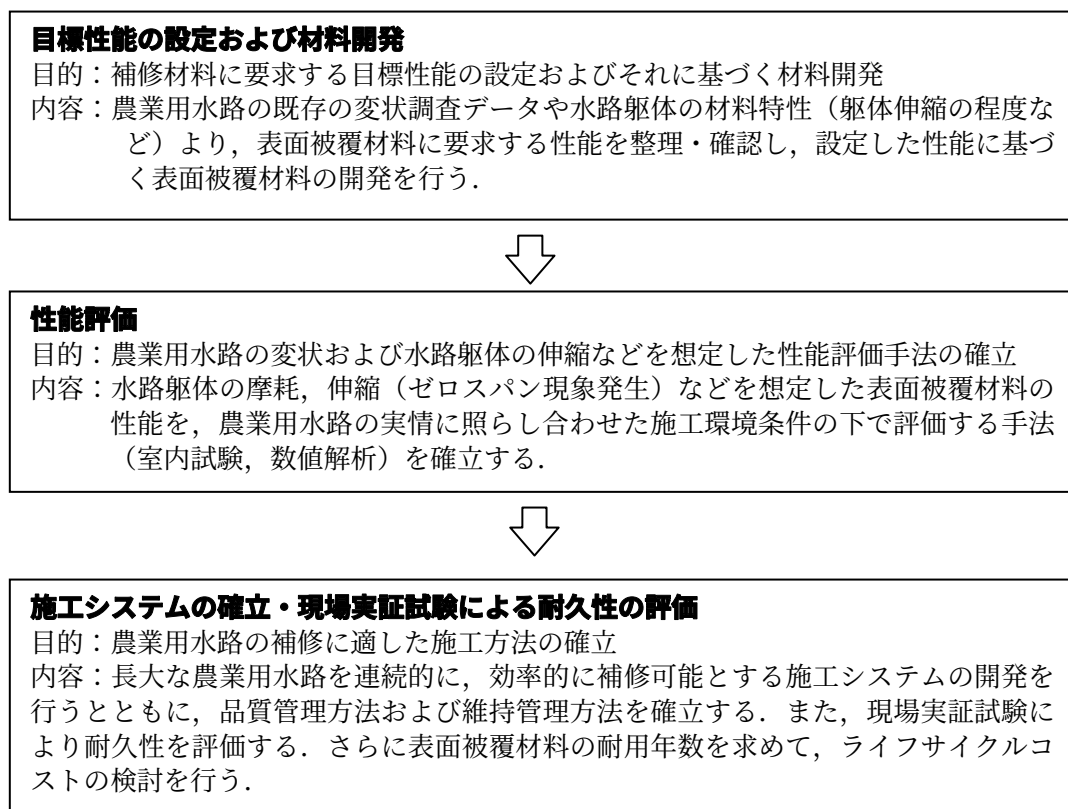


図-2 研究開発の全体フロー

3. 目標とする成果

3. 1 目標とする成果

本研究開発では農業用水路特有の挙動を把握して，材質の異なる被覆材を開発するとともに，開発した被覆材の基本特性と耐久性を評価することを目標とする。

3. 2 従来技術との比較

(1)無機系(A グループ)

工法		耐摩耗性	耐ゼロスパン	施工適合性	耐久性 (耐候性・付着)	変形追従性	断面縮小	初期コスト
従来技術	コンクリート	○	×	○	○	×	×	◎
	ポリマーセメント	△	×	◎	○	×	○	○
新技術	(a)ポリマーセメント珪砂系	○	○	◎	◎	○	○	○

◎：優れる，○：標準，△：やや劣る，×：劣る

(2)有機系(B,C グループ)

工法		耐摩耗性	耐ゼロスパン	施工適合性	耐久性 (耐候性・付着)	変形追従性	断面縮小	初期コスト
従来技術	コンクリート	○	×	○	○	×	×	◎
新技術	(b)樹脂含浸シート	◎	◎	○	○	◎	○	△
	(c)FRP シート	◎	◎	○	○	◎	◎	△

◎：優れる，○：標準，△：やや劣る，×：劣る

(3)アスファルト系

工法		耐摩耗性	耐ゼロスパン	施工適合性	耐久性 (耐候性・付着)	変形追従性	断面縮小	初期コスト
従来技術	従来アスファルトハ°ネ工法	○	○	○	○	○	○	○
新技術	(d)アスファルトハ°ネ	○	◎	○	◎	○	○	○

※当社における従来のアスファルトハ°ネ工法と新たに開発したアスファルトハ°ネ工法との比較

4. 研究成果

4. 1 研究成果概要（目標とする成果との検証等）Ⅰ

本研究開発における研究テーマに対する各被覆材の研究開発成果は表-2のとおりである。

表-2 研究テーマと成果

研究テーマ		(a)ポリマーセメントモルタル系	(b)樹脂含浸シート	(c)FRPシート	(d)アスファルトパネル
①農業用水路の劣化原因・変状程度および水路躯体の伸縮挙動の把握		観測した既設水路は次のような挙動を示した。 (1) ひび割れ幅および目地幅が日々の短期的な温度変化によっても変動する。 (2) ひび割れ幅および目地幅の日変動は、躯体表面温度の変化と明確な規則性を有する。 (3) ひび割れ幅の日変動幅は 0.175mm～0.629mm であり、機能診断には日変動を考慮する必要がある。 (4) ひび割れ幅の変動は温度履歴の影響を受ける。 (5) 提案したひび割れ幅の変動推定式で、ひび割れ幅の変動をある程度推定できる。 (6) ひび割れ幅および目地幅の年変動は、外気温の季節変化による影響を強く受ける。 (7) 調査対象としたひび割れでは、最も幅の狭くなったときのひび割れ幅に対する変動割合は、日変動量調査で最大 37.8%、年変動量調査で最大 68.6%であった。			
②表面被覆材など補修材料の目標性能の設定		表-3 を参照			
③表面被覆材など農業用水路の補修材料の開発		表-3 に示される目標性能を満足する被覆材を開発した。基本性能、および耐久性に関する評価結果は後述する。			
④表面被覆材など農業用水路の補修材料の性能評価手法の確立		水路特有の性能評価手法として、次の試験方法を確立した。 1) 耐磨耗試験 2) 日変動ゼロスパン抵抗性試験 3) 目地部伸縮試験			
⑤開発した表面被覆材を用いた施工システム（補修工法）の開発	下地	高圧洗浄後、乾燥を基本とするが、湿潤面にも施工できる。	高圧洗浄後、ジャンカ、欠損部は断面修復材で修復し、コンクリートの表面を乾燥させる。	高圧洗浄後、ジャンカ、欠損部は断面修復材で修復し、コンクリートの表面を乾燥させる。	高圧洗浄後、ジャンカ、欠損部は断面修復材で修復し、コンクリートの表面を乾燥させる。
	被覆工	下層ポリマーセメント＋合成樹脂シート＋上層ポリマーセメントの3層構造で、簡易な方法で、特殊な機械を必要としない。	FRP と一体化した樹脂含浸シートに接着剤を含浸させて貼り付ける。	ベースプライマーを塗布後、貼付プライマーを塗布し、紫外線硬化型 FRP シートを貼り付ける。	プライマーを塗布し、接着層を吹付けてバーナ加熱し、アスファルトパネルを貼り付ける。
	目地	目地部は、シートで連続性を確保し、モルタルの箱抜き部はシーリング処理する。	目地部補修シートにより躯体の伸縮を吸収する非接着層を設ける機構とする。	目地用のAVシートを使用し、非接着層を設けて貼り付けることで温度変化によるコンクリートの伸縮に対応させる。	目地部は、接着層施工後に緩衝ASマット貼付で目地変動対応構造とする。
	表面塗装工			2液性塗料を塗布	(着色)保護層を塗布
	養生	施工翌日までは、降雨初期凍害、風対策養生	・プライマーの雨養生 ・型枠養生	作業終了までに、シートを完全に硬化させる。	・保護層の雨養生
⑥補修工法の現場実証試験および品質管理・維持管理方法の確立		実証試験により、施工性および仕上がり性が良好であることが確認し、また、ひび割れ部および目地部の動きに対して、損傷が無いことを確認した。	躯体の目地部およびひび割れ部の表面被覆工は、躯体の伸縮に追従して損傷がないことを確認した。	実証試験により、その良好な施工性(工期の短縮等)を確認し、躯体の目地部に関しては目地用シート(AV シート)で対応できる事が確認できた。	実証試験により、施工性および仕上がり性が良好であることを確認し、また、ひび割れ部および目地部の動きに対して、損傷が無いことを確認した。

	下地	・洗浄：汚れ、脆弱層等について目視確認 ・湿潤：浮水がないことを目視確認	・洗浄：汚れ、脆弱層等について目視確認 ・乾燥：表面付近の水分量が8%以下	・洗浄：汚れ、脆弱層等について目視確認 ・乾燥：表面付近の水分量が8%以下	・洗浄：汚れ、脆弱層等について目視確認 ・乾燥：表面付近の水分量が8%以下
	被覆工	・シート貼付の浮きがないことを目視確認 ・表面平滑性を目視確認 ・厚さを計測	・パネルの浮き、ずれがないことを目視確認 ・樹脂使用量の計量	・シート貼付の浮きがないことを目視確認 ・ベースプライマー及び貼付プライマーに混合する硬化剤の量を温度により管理	・バーナ加熱時の接着アスファルト層の発煙現象(過加熱)がないことを目視確認 ・アスファルトの浮きがないことを目視確認
	目地	・目地部シートの長さ計測	・非接着層の長さ計測	・非接着層の長さ計測	・緩衝マット巾の長さ計測
	表面塗装工			色むら、塗り残し、ダレ等が無いかどうか目視確認	保護層塗布前のパネルの表面乾燥を目視確認
	養生	・養生3日 ・気温管理	・硬化養生1日 ・被覆工表面温度管理	・硬化養生1日 ・鉛筆引掻き試験で硬化確認	・養生3日 ・気温管理
	被覆材(母材)	工場及び現場採取サンプル材料圧縮強度試験で品質管理	・外観、厚さ ・工場サンプル材料引張試験	工場で、外観、厚さ、光硬化性、パコール硬さ等を確認する。	・工場サンプル材料引張強度試験で品質管理 ・現場厚さ管理
	維持管理	・目視による点検 ・モルタル除去し、シート貼付後モルタル被覆	・目視による点検 ・樹脂層と保護層の再塗布	・目視による点検 ・トップコートを剥がした上から再度シートを貼付	・目視による点検 ・表面部磨耗は保護層再塗布、被覆部損傷は補修用パネル貼付
⑦ 補修材料・工法の耐久性評価	耐摩耗	JISモルタル以下	塩ビと同等	塩ビと同等	JISモルタル以下(保護層なしの場合)
	ひび割れ追従性	1.0mm以上のひび割れ追従性を確認。	1.0mm以上のひび割れ追従性を確認。	1.0mm以上のひび割れ追従性を確認。	1.0mm以上のひび割れ追従性を確認。
	ゼロスパン追従性 ※18250回	変位振幅 0.2 ± 0.1 mm, 18,250回(50年相当の繰返し日変動)の伸縮に追従する。	変位振幅 0.2 ± 0.1 mm, 18,250回(50年相当の繰返し日変動)の伸縮に追従する。	変位振幅 0.2 ± 0.1 mm, 18,250回(50年相当の繰返し日変動)の伸縮に追従する。	変位振幅 0.2 ± 0.1 mm, 18,250回(50年相当の繰返し日変動)の伸縮に追従する。
	目地部伸縮追従性	40年以上の耐久性を有する。	40年以上の耐久性を有する。	40年以上の耐久性を有する。	40年以上の耐久性を有する。
	耐候性	促進耐候性試験により、照射2000時間で外観に変状が無く、付着強度の低下がないことを確認。	促進耐候性試験により、照射2000時間で白垂化、ふくれ、われ、はがれが無く、光沢保持率86%、色差 $\Delta E0.1$ 。	促進耐候性試験(サンシャイン3000時間)後外観に変状がなく、強度保持率が90%以上であることを確認。	既存パネル実施例サンプル試験により、引張強度の低下がないことを確認。
⑧ 表面被覆材料の耐用年数を考慮したライフサイクルコストの評価(耐用年数：条件)		耐用年数40年 初期補修費 $18,000\text{円}/\text{m}^2$ (目地部補修は1回/20年を想定)	耐用年数40年 初期補修費 $21,000\text{円}/\text{m}^2$ (目地シート無し、維持費ゼロ)	ゼロスパン追従性及び目地部伸縮追従性の面からは耐用年数40年 初期補修費 $21,000\text{円}/\text{m}^2$ (塗装部補修は20年目に10%想定)	耐用年数40年 初期補修費 $14,000\text{円}/\text{m}^2$ (着色保護層補修は、1回/10年を想定)

表-3 表面被覆工法の目標性能

要求性能		材料およびそのシステムの性能	共同研究における評価項目	各グループ毎の設定目標性能（開発目標）			
				A	B	C	D
基本的な性能・施工のし易さ・維持管理のし易さ・環境側面に関する性能	一般	コンクリートとの付着性,	◎	1.0N/mm ² 以上（建研式：湿潤環境）	乾燥状態で施工する事により1.5N/mm ² 以上を確保(建研式)	乾燥状態で施工する事により1.5N/mm ² 以上を確保(建研式)	・0.7N/m ² 以上（建研式：粘弾性体破壊試験）
		耐アルカリ性（コンクリートのアルカリ）	◎	・耐アルカリ性を保有すること	・耐アルカリ性を保有すること	・耐アルカリ性を保有すること	・耐アルカリ性を保有すること
		外観	◎	・躯体の構造に影響を及ぼす凹凸がないこと	・躯体の構造に影響を及ぼす凹凸がないこと ・色むらや汚れがない事	・躯体の構造に影響を及ぼす凹凸がないこと ・色むらや汚れがない事	・躯体の構造に影響を及ぼす凹凸がないこと ・色むらや汚れがない事
	施工性（湿潤・低温環境）	可使時間・可使温度、養生時間、作業者および周辺環境への配慮	◎	・施工可能温度5～35℃ ・通水可能時間：3日 ・湿潤環境での施工が可能なこと	・施工可能気温：5～35℃ ・通水可能時間：3日 ・湿潤環境での施工が可能なこと	・施工可能温度：0℃以上 ・通水可能時間：1日 ・湿潤環境での施工が可能なこと	・施工可能温度：5～35℃以上 ・通水可能時間：3日 ・湿潤環境での施工が可能なこと
	耐久性	耐候性、経時的なコンクリートとの付着性、経時的な耐アルカリ性、経時的な劣化を抑制する性能	◎	・促進耐候性試験および屋外暴露の供試体にて、材料特性および付着性を保持できること	・促進耐候性試験および屋外暴露の供試体にて、材料特性および付着性を保持できること	・促進耐候性試験および屋外暴露の供試体にて、材料特性および付着性を保持できること	・促進耐候性試験および屋外暴露の供試体にて、材料特性および付着性を保持できること
	維持管理のし易さ	損傷に対する修復性	◎	・再補修できること	・再補修できること	・再補修できること	・再補修できること
劣化に対する抵抗性		二酸化炭素透過阻止性	○	・設定しない	・設定しない	・設定しない	・設定しない
		塩化物イオン透過阻止性	○	・設定しない	・設定しない	・設定しない	・設定しない
		透水阻止性（耐凍害）	○	・設定しない	・設定しない	・設定しない	・設定しない
		酸素透過阻止性	○	・設定しない	・設定しない	・設定しない	・設定しない
		耐酸性・耐薬品性	○	・設定しない	・設定しない	・設定しない	・設定しない
		透湿性	○	・設定しない	・設定しない	・設定しない	・設定しない
		ひび割れ追従性	◎	・0.4mm以上（JSCE-K532法）	・0.4mm以上	・0.4mm以上（JSCE-K532法）	・0.4mm以上（JSCE-K532法）
磨耗に対する抵抗性		すり減り抵抗性	◎	・JISモルタル以下	・塩ど摩耗量程度	・塩ど摩耗量程度	・JISモルタル以下
第三者を保護する性能		はく落抵抗性	×	・設定しない	・設定しない	・設定しない	・設定しない
防水性		透水阻止性	◎	・透水しないこと	・透水しないこと	・透水しないこと	透水係数＝1*10 ⁻⁹ cm/sec以下
漏水性（防水性）		ゼロスパン現象抵抗性	◎	・ゼロスパン現象が生じても、シート材がひび割れないこと	・ゼロスパン現象が生じても、被覆材がひび割れないこと	・ゼロスパン現象が生じても、被覆材がひび割れないこと	・ゼロスパン現象が生じても、被覆材がひび割れないこと
		目地部追従性	◎	40年相当の年変動に追従できること	40年相当の年変動に追従できること	40年相当の年変動に追従できること	40年相当の年変動に追従できること
通水性能		粗度係数	◎	・0.013以下	・塩ど板と同等以下であること	・塩ど板と同等以下であること	0.013以下
		厚さ	◎	・10mm以下	・10mm以下	・3mm以下	10mm以下

◎：共同研究における共通評価項目

○：要求性能としては、必要となる場合があるが、本共同研究においては目標を設定しない項目

×：水路構造物には、必要でない項目

開発された表面被覆工の性能評価結果は以下に示すとおりである。

(1)コンクリートとの付着性

被覆工	ポリマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	1.0N/mm ² 以上(建研式：湿潤環境)	・乾燥状態で施工する事により 1.5N/mm ² 以上を確保(建研式)	・乾燥状態で施工する事により 1.5N/mm ² 以上を確保(建研式)	・0.7N/mm ² 以上 (建研式：粘弾性体破壊試験)
成果	1.9N/mm ²	1.5 N/mm ² 以上または母材破壊	1.5 N/mm ² 以上又は母材破壊	0.9N/mm ²

(2)耐アルカリ性

被覆工	ポリマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	・耐アルカリ性を保有すること	・耐アルカリ性を保有すること	・耐アルカリ性を保有すること	・耐アルカリ性を保有すること
成果	・セメントモルタル系であるため耐アルカリ性問題なし	・FRP 保護層の耐アルカリ性試験によって問題なし	・エポキシアクリレート樹脂を採用し、耐アルカリ性試験で問題なし	・アスファルトパネルを使用し、耐アルカリ性問題なし

(3)外観

被覆工	ポリマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	・躯体の構造に影響を及ぼす凹凸がないこと	・躯体の構造に影響を及ぼす凹凸がないこと ・色むらや汚れがない事	・躯体の構造に影響を及ぼす凹凸がないこと ・色むらや汚れがない事	・躯体の構造に影響を及ぼす凹凸がないこと ・色むらや汚れがない事
成果	コテ仕上性に優れ、良好なモルタル仕上げ面となった。	平滑性に優れ、補修後の外観は良好。	凹凸がなく、色むらや汚れがない仕上げ面が得られた。	吹付装置による均一な接着層塗布により、パネル表面は平滑な仕上がりであった。

(4)施工性

被覆工	ポリマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	・施工可能温度：5～35℃ ・通水可能時間：3日 ・湿潤環境での施工が可能なこと	・施工可能気温：5～35℃ ・通水可能時間：3日 ・湿潤環境での施工が可能なこと	・施工可能温度：5～35℃ ・通水可能時間：1日 ・湿潤環境での施工が可能なこと	・施工可能温度：5～35℃以上 ・通水可能時間：3日 ・湿潤環境での施工が可能なこと
成果	・施工可能温度はモルタルの施工性から5～30℃となった。 ・通水までの時間は、2日間であることが確認できた。 ・湿潤環境（下地）でも十分な付着性が確保できた。	0℃においても、硬化養生1.0日で付着強度が確保されることから、0℃以上の環境で施工可能となった。	0℃以上の温度で施工可能。但し5℃以下での施工は条件付き。 施工後1日で通水可能が確認できた。	施工可能温度：0℃以上温度で施工可能。通水可能時間：2日実証試験で確認

(5)耐候性

被覆工	ポ リマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	・促進耐候性試験および屋外暴露の供試体にて、材料特性および付着性を保持できること	・促進耐候性試験および屋外暴露の供試体にて、材料特性および付着性を保持できること	・促進耐候性試験および屋外暴露の供試体にて、材料特性および付着性を保持できること	・促進耐候性試験および屋外暴露の供試体にて、材料特性および付着性を保持できること
成果	促進耐候性試験により、照射2000時間で外観に変状が無く、付着強度の低下がないことを確認。	促進耐候性試験により、照射2000時間で白垂化、ふくれ、われ、はがれが無く、光沢保持率86%、色差 $\Delta E0.1$ 。	促進耐候性試験（サンシャイン3000時間）後外観に変状がなく、強度保持率が90%以上であることを確認。	既存パネル実施例サンプル試験により、引張強度の低下がないことを確認。

(6)再補修性

被覆工	ポ リマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	・再補修できること	・再補修できること	・再補修できること	・再補修できること
成果	モルタル損傷：モルタルでの修復が可能。 シート損傷：シートを接着剤で貼り増すことで可能で、透水性が無いことを確認。	FRP保護層および樹脂層を剥がすことにより、再被覆が可能。	トップコートを剥がした上から、再度シートを貼付することで修復が可能。	パネルの損傷に対しては、補修用パネルを用いて容易に修復が可能。 .

(7)ひび割れ追従性

被覆工	ポ リマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	・0.4mm 以上 (JSCE-K532 法)	・0.4mm 以上	・0.4mm 以上 (JSCE-K532 法)	・0.4mm 以上 (JSCE-K532 法)
成果	1.0mm以上	1.0mm以上	1.0mm以上	1.0mm以上

(8)耐摩耗性

被覆工	ポ リマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	・JIS モルタル以下	・塩ビ摩耗量程度	・塩ビ摩耗量程度	JISモルタル以下
成果	JISモルタル以下	塩ビ磨耗量と同等程度であることを確認	塩ビ磨耗量と同等程度であることを確認	JISモルタル以下 (保護層なし)

(9)防水性

被覆工	ポ リマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	・透水しないこと	・透水しないこと	・透水しないこと	透 水 係 数 = 1×10^{-9} cm/sec以下
成果	透水量0g (JIS A140 4)	外水圧、内水圧に対して31日間0.1MPaの水圧が確保され、漏水量は0gを確認	透水試験で透水量0g	0.17MPa、15日間の透水試験で $K=1 \times 10^{-9}$ cm/sec以下を確認

(10)ゼロスパン追従性（止水性）

被覆工	ポリマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	・ゼロスパン現象が生じてても、シート材がひび割れしないこと	・ゼロスパン現象が生じてても、シート材がひび割れしないこと	・ゼロスパン現象が生じてても、シート材がひび割れしないこと	・ゼロスパン現象が生じてても、シート材がひび割れしないこと
成果	初期変位0.2mm, 伸縮±0.1mmの繰返し伸縮に追従することを確認	初期変位0.2mm, 伸縮±0.1mmの繰返し伸縮に追従することを確認	初期変位0.2mm, 伸縮±0.1mmの繰返し伸縮に追従することを確認	初期変位0.2mm, 伸縮±0.1mmの繰返し伸縮に追従することを確認

(11)目地部伸縮追従性

被覆工	ポリマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	・40 年相当の年変動に追従	・40 年相当の年変動に追従	・40 年相当の年変動に追従	・40 年相当の年変動に追従
成果	L=10mの水路を想定し、コンクリート躯体の線膨脹係数から算出される引張側の変位量を50回繰返し作用させ、被覆材の健全性を確認.	L=10mの水路を想定し、コンクリート躯体の線膨脹係数から算出される圧縮側の変位量を50回繰返し作用させ、被覆材の健全性を確認.	L=10mの水路を想定し、コンクリート躯体の線膨脹係数から算出される引張側の変位量を50回繰返し作用させ、被覆材の健全性を確認.	L=10mの水路を想定し、コンクリート躯体の線膨脹係数から算出される引張側の変位量を50回繰返し作用させ、被覆材の健全性を確認.

(12)粗度係数

被覆工	ポリマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	・0.013 以下	・塩ビ板と同等以下であること	・塩ビ板と同等以下であること	0.013 以下
成果	0.0103	n=0.010	n=0.010	n=0.012

(13)厚さ

被覆工	ポリマーセメントモルタル系	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルトパネル
目標	・10mm 以下	・10mm 以下	・3mm 以下	10mm以下
成果	9.0mm	5.0mm	3mm以下	9mm

4. 2 実験施設における概要、結果、課題等

(1)耐摩耗性

本研究開発事業ではライフサイクルコストを評価することに重点をおき、水路特有の摩耗やゼロスパン現象に対する被覆材の長期耐久性を実験で確認した。被覆材の耐摩耗性については、実際の流水による摩耗状況を再現するために、砂を混入した水を被覆材供試体に高圧で噴射することで評価した。摩耗促進試験で被覆材の耐摩耗性について相対比較ができたが、今後実物の流水条件と流水時間に応じた耐摩耗性を評価することが課題である。

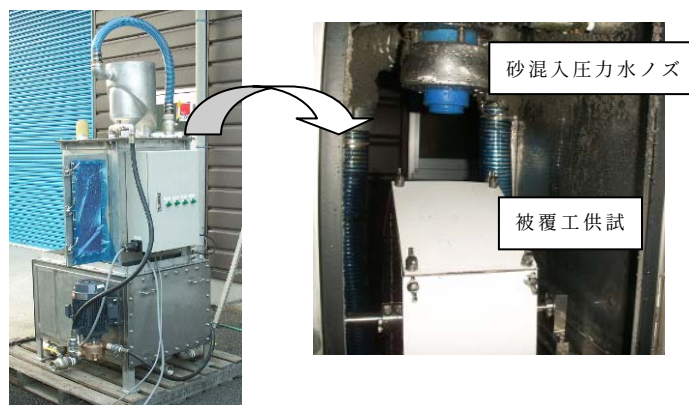


写真-1 摩耗促進試験状況

表-4 被覆工の促進摩耗試験結果(10時間後の摩耗体積[mm³])

被覆材	JISモルタル	塩ビパネル	ポリマーセメントモルタル	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルト系
摩耗体積	2634	159	943	182	292	1019

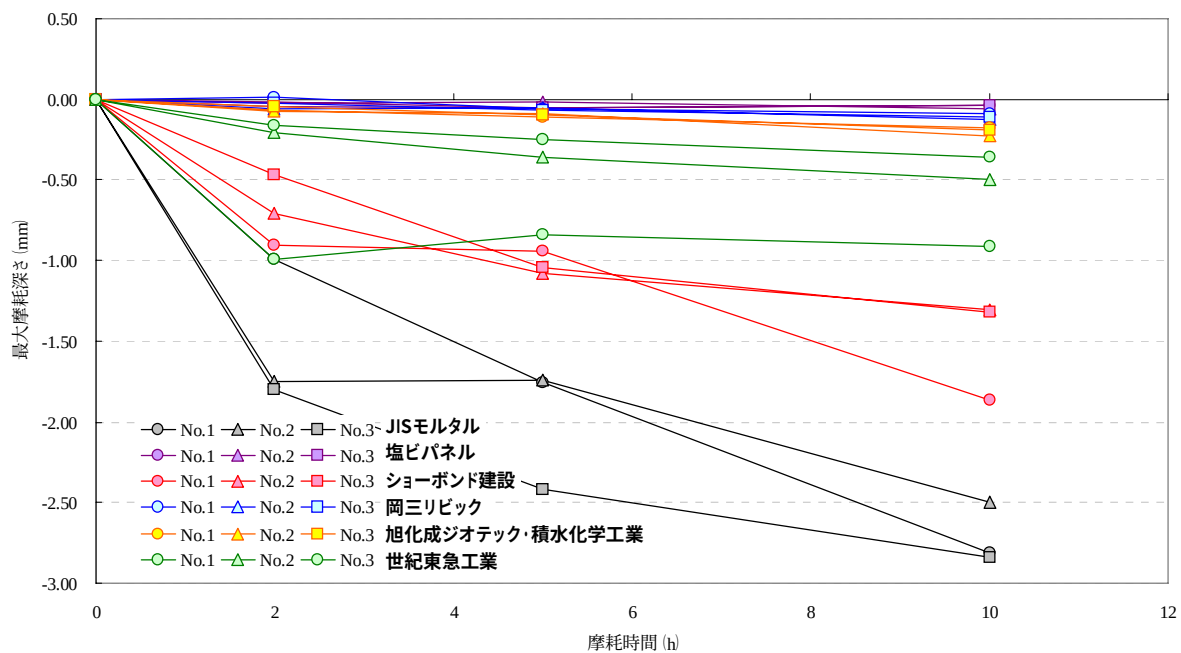


図-2 摩耗試験結果

(2)日変動ゼロスパン抵抗性

水路躯体の表面被覆材は、被覆後に生じる水路躯体のひび割れの影響をうけることが考えられる。このようなひび割れ現象は、ゼロスパンといえ日変動の影響を考慮しておく必要がある。本研究では水路躯体のひび割れの日変動に対する表面被覆工の耐久性を室内試験で調べた。



写真-2 ひび割れ追従試験（例）

試験方法：「ゼロスパンテンション伸び量試験」

（ポリマーセメント系塗膜防水工事施工指針（案）・同解説，日本建築学会）

※表面被覆材のひび割れ追従性試験方法（案）（JSCE-K 532-2007），土木学会

供試体：モルタル板または鉄板の表面に被覆

試験条件：繰返し引張：初期 $0.2\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$

評価方法：繰返し回数 18250（365 日 $\times$ 50 年）回以上で破断しないことで，**設計耐用年数 40 年以上とする**

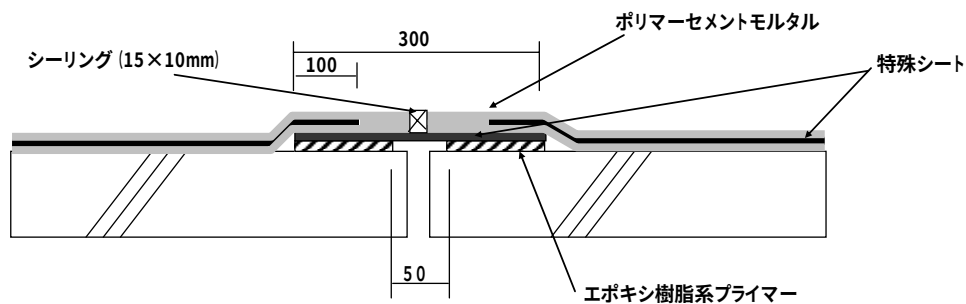
表-5 日変動ゼロスパン抵抗性の評価結果

被覆材	ポ ^レ リマーセメントモルタル	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルト系
試験結果	破断なし	破断なし	破断なし	破断なし

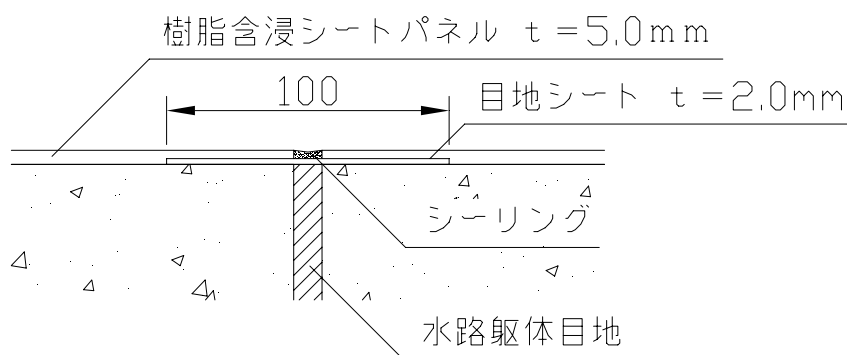
(3)目地部伸縮追従性

水路躯体に設けられている目地部には温度変化に伴う伸縮変位が生じる。目地部の伸縮は気温の日変動よりも、年変動の影響が大きいと考えられる。本研究では各々の表面被覆工の目地部処理に応じて、材質の線膨張を考慮した水路目地の年変動に対する表面被覆工の耐久性を室内試験で調べた。

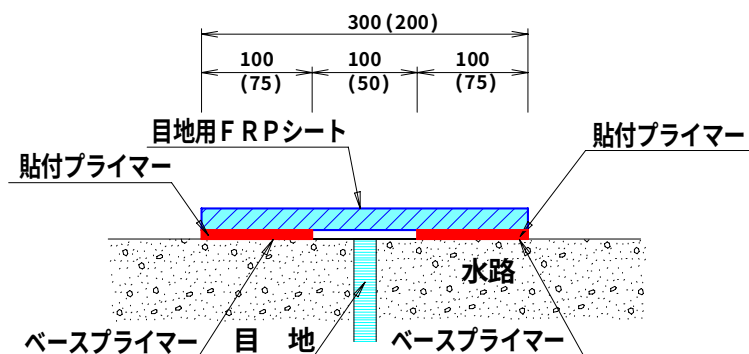
各表面被覆工の水路躯体目地部の処理方法は図-3.2のとおりである。



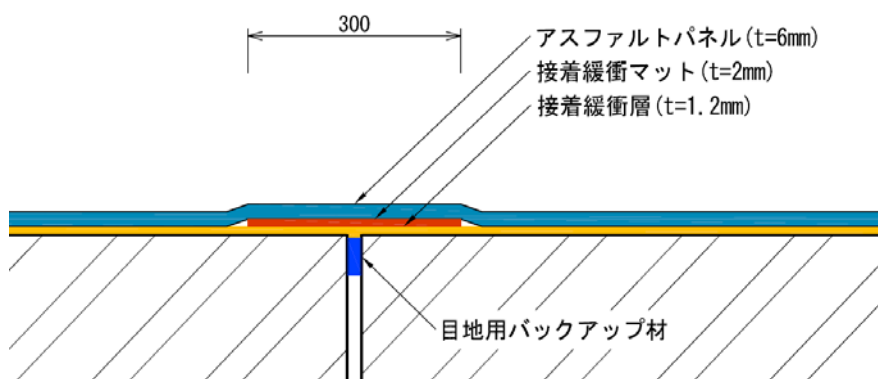
(a) ポリマーセメントモルタルの目地部処理



(b) 樹脂含浸シートの目地部処理



(c) FRPシートの目地部処理



(d) アスファルトパネルの目地部処理

図-3 表面被覆工の目地部処理

図-4は目地部伸縮追従性試験結果の例である。

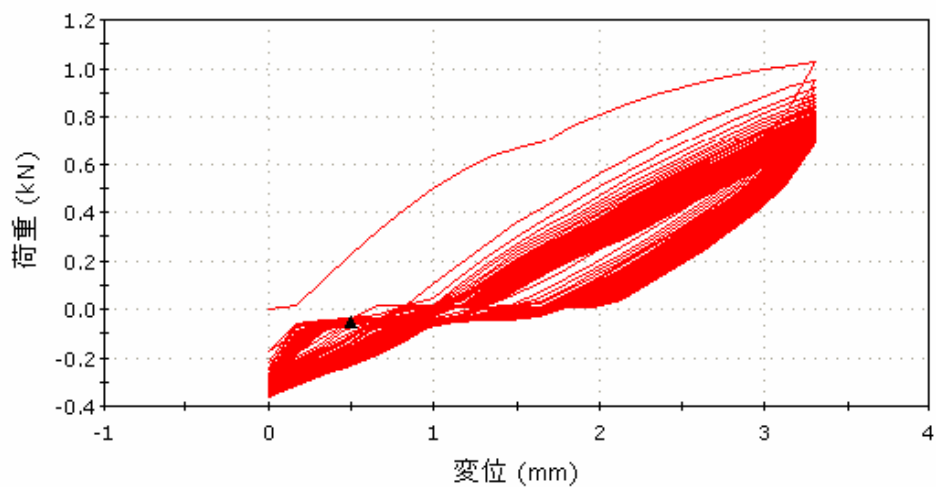


図-4 目地部伸縮追従性試験結果（例）

各被覆材の目地部の処理に即して評価した結果は次のとおりである。

表-6 目地部伸縮追従性の評価結果

被覆材	ポリアセメントモルタル	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルト系
目地処理	目地部は、シートで連続性を確保し、モルタルの箱抜き部はシーリング処理する	非接着層150mmとして、被覆工を施す	目地用シート(AVシート)を使用し、非接着幅を100mm又は50mmとして対応	非接着層50mmとして、被覆工を施す
評価結果	水路スパン10m 相当の被覆材の引張変位に対して、50回繰返しに耐える	水路スパン10m 相当の被覆材の圧縮変位に対して、たわみを生じるが50回繰返しに耐える	水路スパン10m 相当の被覆材の引張変位に対して、50回繰返しに耐える	水路スパン10m 相当の被覆材の引張変位に対して、50回繰返しに耐える

(4)ライフサイクルコストの評価

各被覆工のライフサイクルコストは初期補修費と維持補修費に基いて算出できるが、それぞれの費用は水路躯体の断面寸法や劣化の程度、あるいは補修規模により異なる。ここでは、以下の条件を前提として、ライフサイクルコストの算出に必要な耐用年数、初期補修費、維持補修費を表-7に示す。

水路断面：幅2.0m×高さ1.0mの開水路

水路延長：125m

表-7 各被覆工の初期補修費と維持補修費

被覆材		ポ ^o リマーセメントモルタル	樹脂含浸シート	FRPシート	アスファルト系
条件1	適用条件	一般部	目地シート無し	伸縮目地無し	一般部
	耐用年数	40年以上	40年以上	40年以上	40年以上
	初期補修費	被覆工：18,000円/m ² (直工)	被覆工：21,000円/m ² (直工)	被覆工：21,000円/m ² (直工)	被覆工：14,000円/m ² (直工)
	維持補修費/頻度	目地部2000円/m/20年	0円	塗装部補修500円/m ² / 20年	表面再塗装2,000円/m ² /10年
条件2	適用条件		目地シート有り	伸縮目地有り	高温部 (夏季高温持続地域)
	耐用年数		40年以上	40年以上	40年以上
	初期補修費		被覆工：21,000円/m ² 目地部：3,000円/m	被覆工：21,000円/m ² 目地部：7,000円/m～	被覆工：14,000円/m ²
	維持補修費		目地500円/m / 10年	塗装部補修500円/m ² / 20年	損傷部補修3,000円/m ² /(10-20年)

※耐用年数とは本研究開発で実験した耐摩耗試験，日変動ゼロスパン抵抗性試験，目地部伸縮追従性試験の条件で評価された結果から推定されるものである。

※設計で考慮する耐用年数は現場の条件を考慮して設定する必要がある。

4. 3 実証試験工事（現場適用）の概要，結果，課題等
 実証試験の概要はつぎのとおりである。

工事場所：島根県簸川郡斐川町地内

工事箇所：斐伊川沿岸地区砂川用水路

水路躯体：現場打ちコンクリート

水路形状：幅 1.6m，深さ 0.7m，長さ 15m×4 工法=60m

工 期：平成 19 年 3 月中旬～3 月下旬内

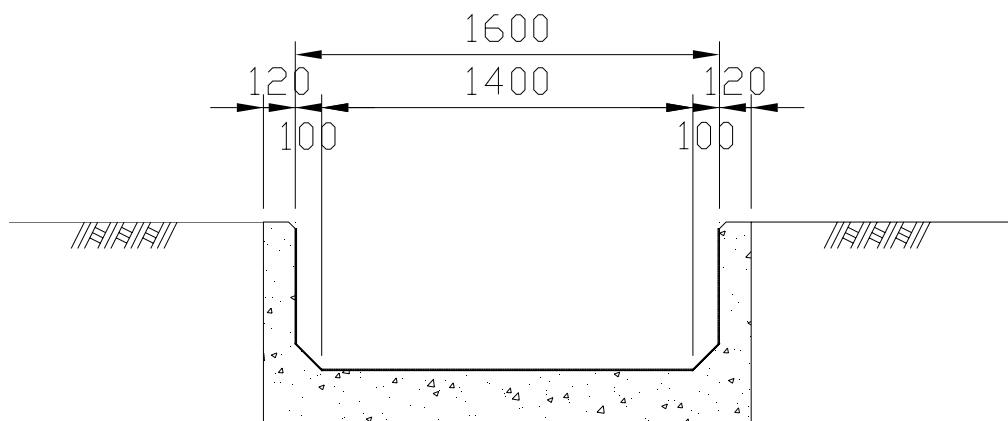


図-5 断面図

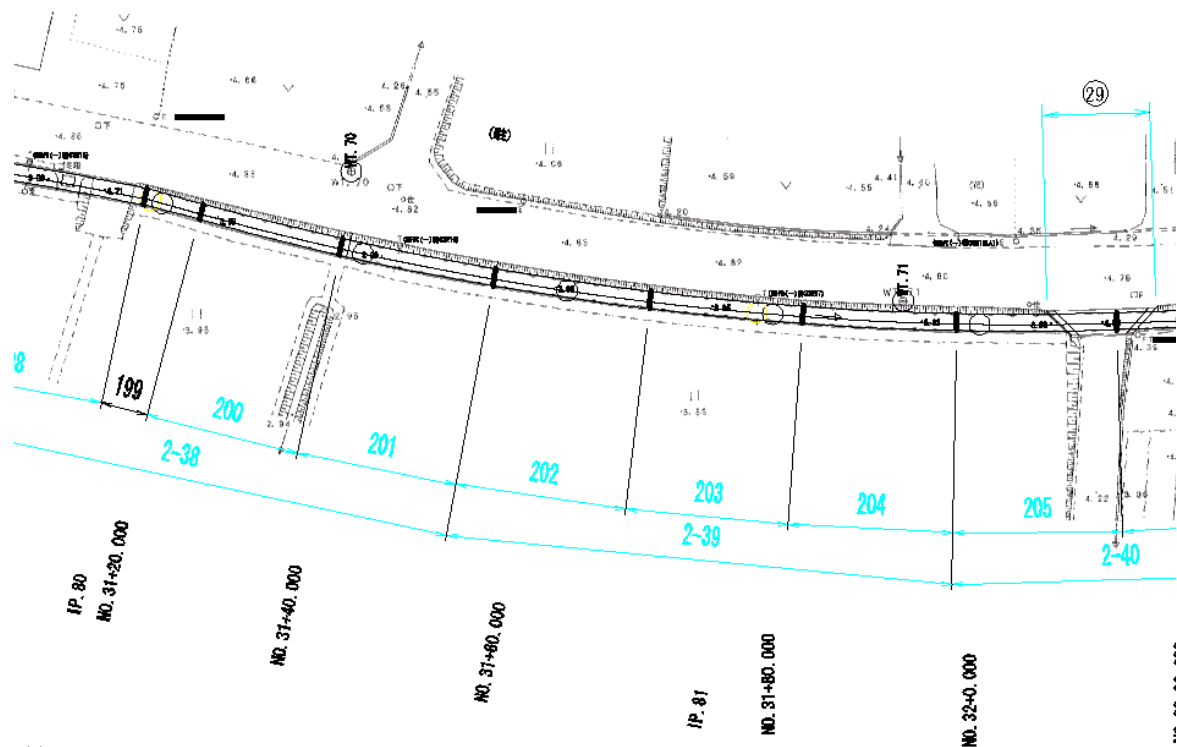
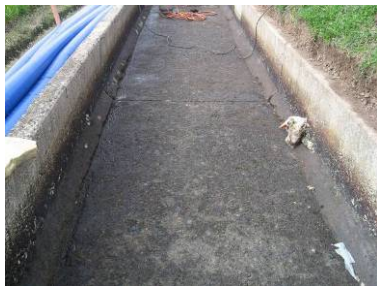


図-6 平面図

(1)ポリマーモルタルセメント



a)施工前



b) 下層モルタル塗布 (3mm 厚さ)



c) シート貼付



d) シート貼り付け完了



e) 目地部処理状況



f) 上層モルタル塗布



g) 目地部シーリング



h) 完成

施工後 7 ヶ月



(2) 樹脂含浸シート



a) 目地部下地処理



b) プライマー塗布



c) 目地部処理



d) 被覆工設置



e) 被覆工完了



f) 流水状況

【外気温】

日変動 : 約10度

季節変動 : 約35度

【目地変位】

日変動 : $\pm 0.25\text{mm}$

季節変動 : 2.0mm

【ひび割れ変位】

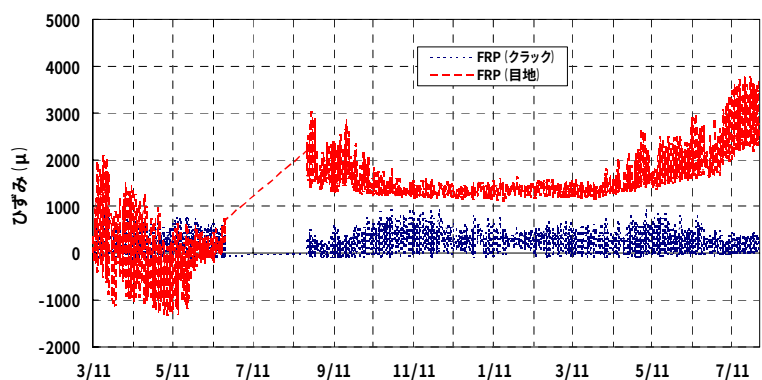
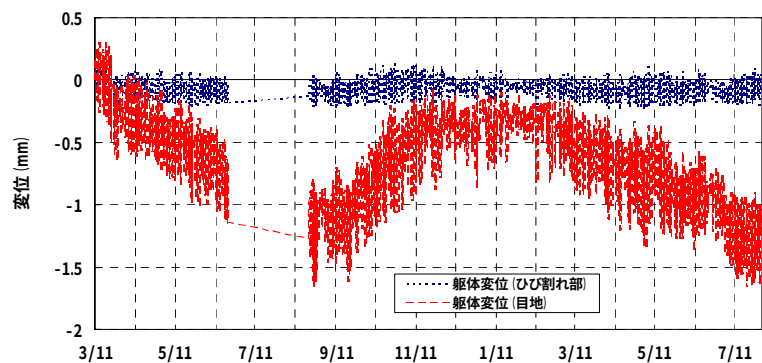
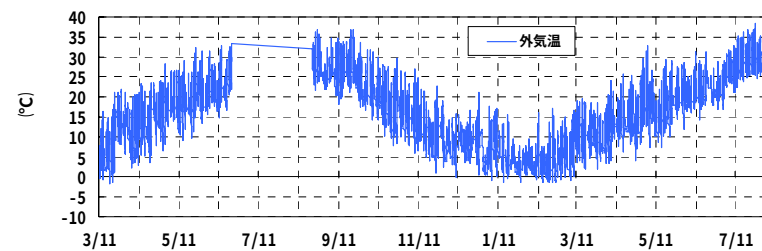
日変動 : $\pm 0.1\text{mm}$

季節変動 : 0.3mm

【FRP変位 (目地部)】

日変動 : $\pm 500\mu$

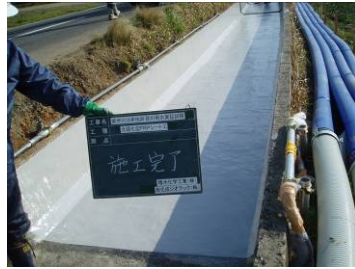
季節変動 : 5000 μ



(3) FRPシート



施工前



施工後



流水状況



a) ベースプライマー塗布工



b) 貼付けプライマー塗布工



c) 標準部シート貼付工



d) 表面塗装工



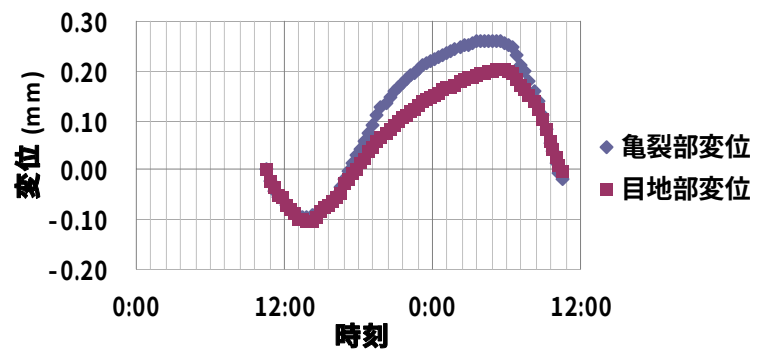
e) 施工完了 (ラインング部)



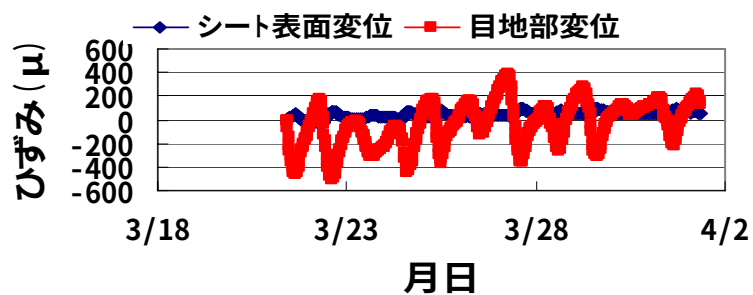
f) 施工完了 (目地部)

亀裂・目地部変位

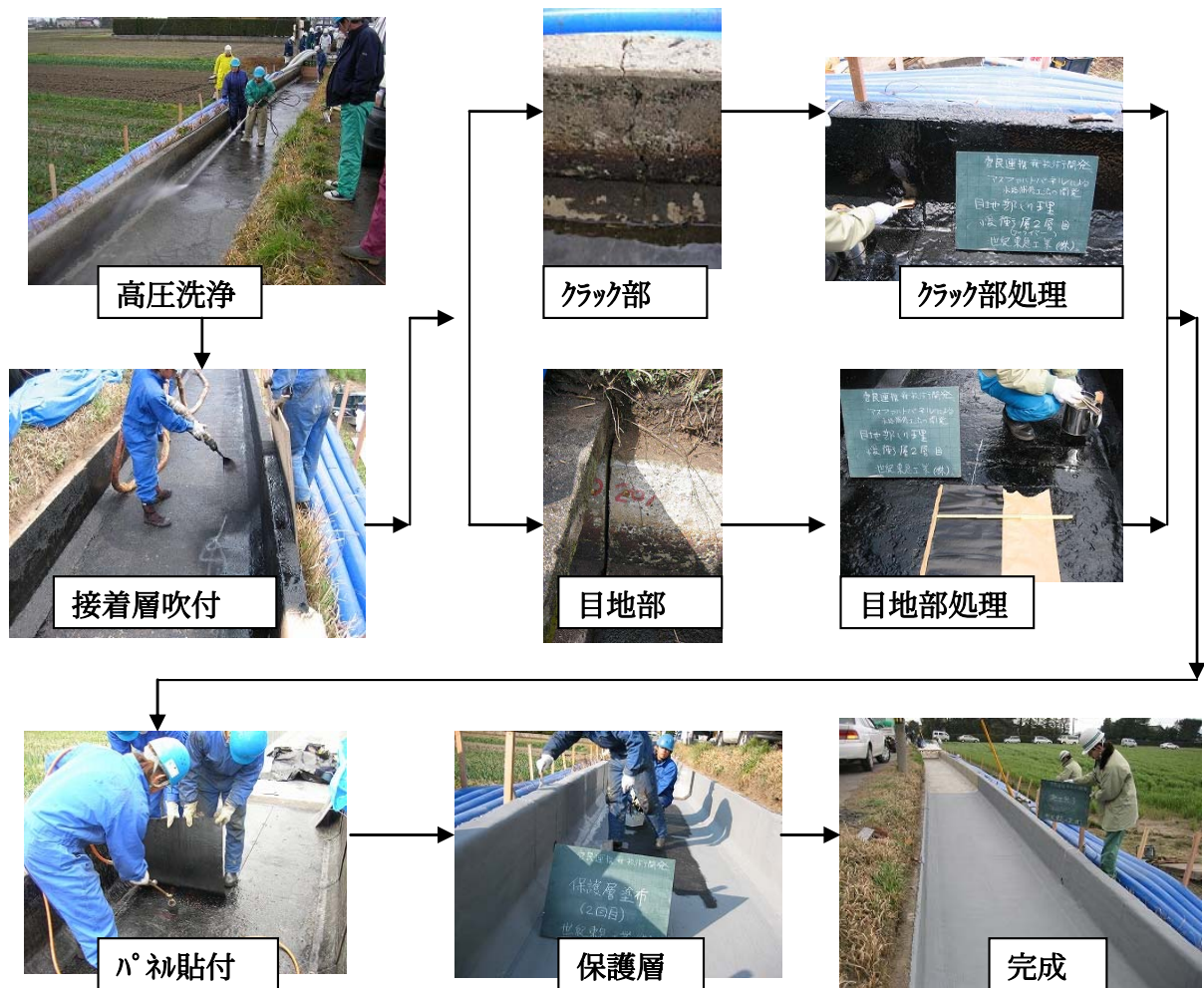
砂川用水路での
機能監視結果の一例
測定日：H19年6月1～2日
測定日：H20年3/21～4/2



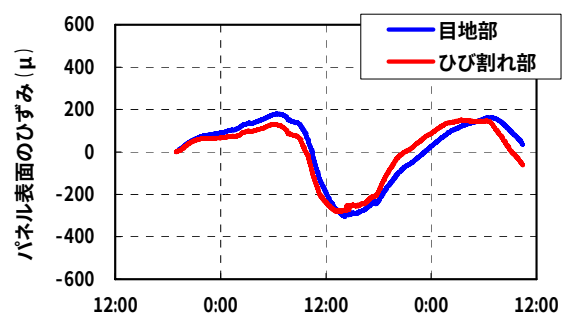
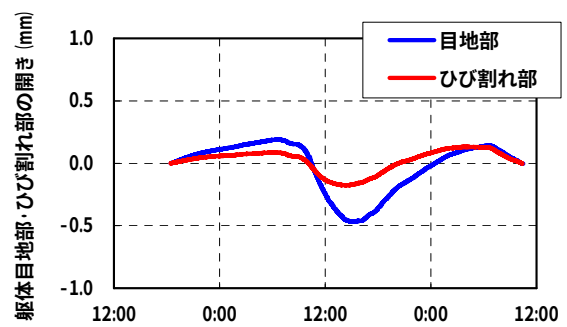
躯体とシートの伸縮挙動



(4) アスファルトパネル



砂川水路 測定結果（施工1年後）



4. 4 普及活動状況等

(1)論文等

- 1) コンクリート水路のひび割れ補修材料に必要な伸び性能：上野・長束・野中・石井，農業農村学会論文集，(2007投稿中)
- 2) 選択的摩耗試験機の試作と試験法の提案：井・牛尾・西村・富山・溝上・上野・長束，土木学会中国支部島根会研究・事例報告会概要集，pp.1-2（2007）
- 3) 試作選択的摩耗試験とJIS規定摩耗輪摩耗試験との比較研究：牛尾・井・西村・富山・溝上・上野・長束，土木学会中国支部島根会研究・事例報告会概要集，pp.23-24（2007）
- 4) アスファルトパネルの有する粘弾性がゼロスパン現象緩和へ与える効果：上野・長束・石井，土木学会中国支部島根会研究・事例報告会概要集，pp.25-26（2007）
- 5) 表面被覆補修工法の試験施工とその数値解析による妥当性評価に関する研究：西村・井・牛尾・富山・溝上・長束・石井・上野，土木学会中国支部島根会研究・事例報告会概要集，pp.9-10（2007）

(2)特許

- ・特願2008-94455「摩耗試験方法及び摩耗試験装置」

5. 今後の課題

農業用水路特有の条件を考慮して被覆材の基本性能と耐久性を評価して，ライフサイクルコストを検討したが，これらの実証的な知見を収集してライフサイクルコストの信頼性を高めることが今後の課題である．また，施工条件や供用年数に応じた合理的な被覆材選定手法，および湿潤環境での施工方法の確立や維持管理，再補修方法の合理化が望まれる．

6. 試験研究機関総括者による意見・評価等

項 目	評価結果	備 考
研究計画の効率性・妥当性	A	農業用水路表面被覆工法に要求される特有の性能（ゼロスパン現象追従性，耐摩耗性，通水性など）と施工環境条件（湿潤，低温）を明確にした上で，各種材料素材の特性を活用した工法開発が計画的・効率的に進められた。
目標の達成度	A	いずれの工法も耐摩耗性，耐ゼロスパン性，コストパフォーマンス性，施工適合性，耐久性，変形追従性，断面縮小回避性を満足できるものである。ただし，耐久性およびライフサイクルコストについては，引き続き行われる経過観察後に再評価されるべ
研究成果の普及可能性	A	試験施工，実証試験工事の結果は良好であることから判断して，開発した各工法は普及が期待でき
研究成果の出来栄	A	要求性能を踏まえた目標性能の設定，性能を満足する補修材料の開発，開発した材料・工法の性能評価，施工システム（補修工法）の開発，現場実証試験，品質管理・維持管理方法，補修材料・工法の耐久性評価，ライフサイクルコストの評価といった一連の研究成果が得られている。
総合コメント これまで不明であった農業用水路表面被覆工法に要求される性能を明確にした上で，各工法開発が進められた。特に，ゼロスパン現象に対する追従性については，既設水路の目地やひび割れの日変動および季節変動の特性を明らかにした上で，それに追従できる材料および工法の開発が行われた。また，土砂が混入した流水による摩耗に対する耐性については，新しく摩耗試験機を試作し，コンクリート水路で発生している選択的摩耗状況が再現できることを確認した上で，開発した表面被覆材の耐摩耗性能の評価が行われた。このように，要求性能に対する基本性能と供用現場環境条件における耐久性が定量的に評価された各工法は，普及が期待できるものである。		

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。

7. 研究総括者による自己評価

項目	評価結果	備考
研究計画の効率性・妥当性	A	既設水路特有の挙動を把握して、異なる特性を有する被覆工を開発して効率的に評価した。
目標の達成度	B	高耐久性の評価にはさらに時間を要するため今後も継続的データ収集が重要である。
研究成果の普及可能性	A	水路特有の被覆工に要求される耐久性が評価された各々の被覆工は普及が期待できる。
研究成果の出来栄	A	開発された被覆工は、いずれも基本性能と耐久性が定量的に評価されたものであり、研究成果として良好である。
【総合評価】 本研究開発事業では、まず既設水路の目地やひび割れの日変動、および既設変動を調べて、被覆工に要求される基本性能を明らかにした。そして、被覆工の耐摩耗性や伸縮追従性など耐久性を評価する新しい試験方法を提案した。本研究開発事業で開発された異なる特性を有する4つの被覆工は、基本特性と耐久性について統一的な試験方法の下で定量的に評価され、標準的な条件下での耐用年数は少なくとも40年以上といえることを示した。開発された各々被覆工は、施工現場の条件に基く機能保全コストを評価して合理的に適用でき、普及が期待できるものである。		

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。