



2020年12月10日 16:35～17:00

土研 新技術セミナー in 札幌

寒地農業用水路の補修における FRPM板ライニング工法

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所
水利基盤チーム 石神 暁郎

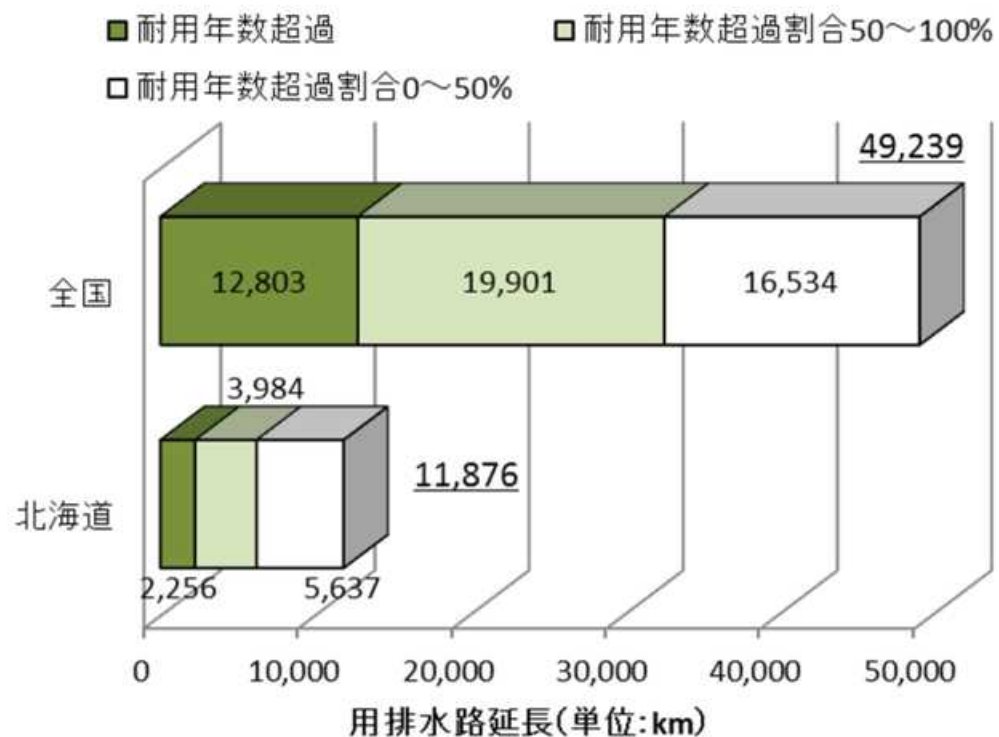
御紹介する新技術・・・

「 FRPM板ライニング工法 」



- 劣化・老朽化した農業用水路や排水路などの**コンクリート水路の表面を補修**する工法です。
- 水理特性に優れる**FRPM板**を配置することにより，既設水路を取り壊すことなく，劣化・老朽化により低下した**水路の性能の回復・向上**が図られます。

背景・・・ 劣化・老朽化する寒冷地の農業用水路【1／2】



基幹的水路の延長と耐用年数超過割合別
水路延長※1, ※2



背景・・・ 劣化・老朽化する寒冷地の農業用水路【2／2】



寒地農業用水路の補修における FRPM板ライニング工法



- FRPM板を表面被覆材とし，水路躯体コンクリートとFRPM板との間に緩衝材・中込材を配置した工法。
- FRPM (Fiberglass Reinforced Plastic Mortar)・・・
ガラス繊維強化プラスチック(FRP)と
樹脂モルタル(Resin Mortar)との複合材。

開発の経緯・・・

【1／2】

- 温暖な地域における農業用水路の補修では、樹脂系，セメント系，パネル系等の各種表面被覆材を用いた様々な性能を有する表面被覆工法が適用されています。
- しかしながら，寒冷な地域における補修では，温暖な地域において必要とされる性能に加え，凍結融解に抵抗する性能や，より優れた施工性能が求められます。



融雪水に曝される農業用水路

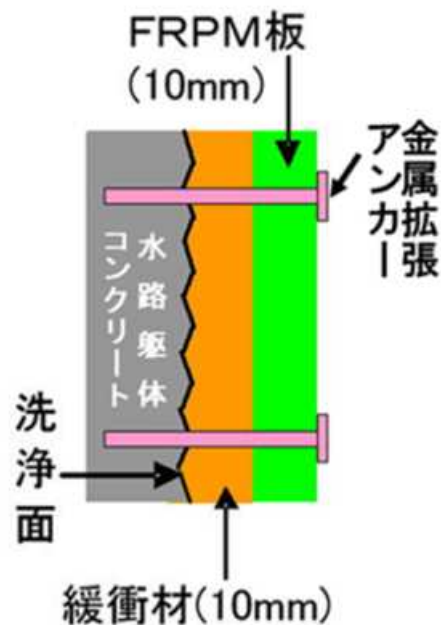


融雪水に曝される表面被覆材

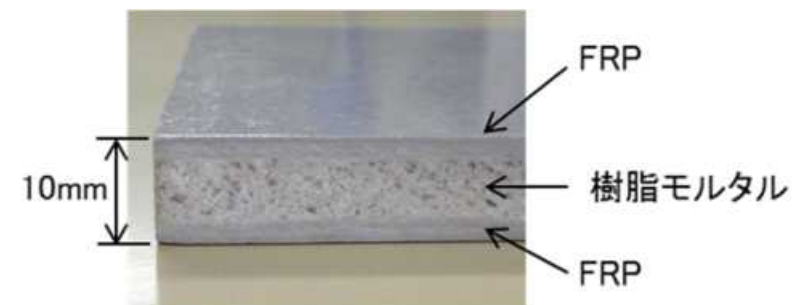
開発の経緯・・・

【2／2】

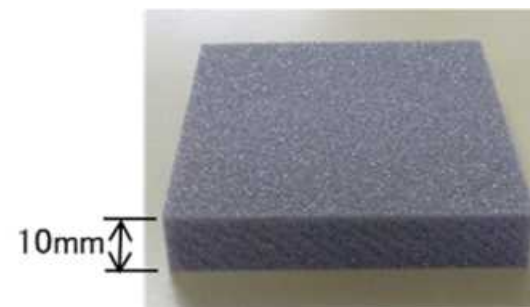
- 水利基盤チームでは、(株)栗本鐵工所と共同で、温暖な地域で適用されているパネル系の表面被覆工法であるFRPM板ライニング工法について改良を進めました。
- FRPM板と水路躯体コンクリートとの間に緩衝材を配置する新たな表面被覆工法「クイックパネル工法」を開発しました。



FRPM板ライニング工法「クイックパネル工法」
断面概要



FRPM板の構造



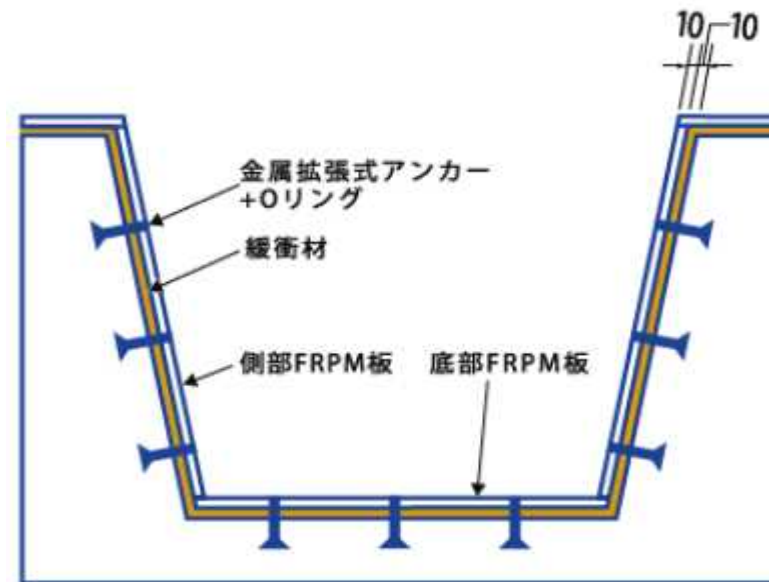
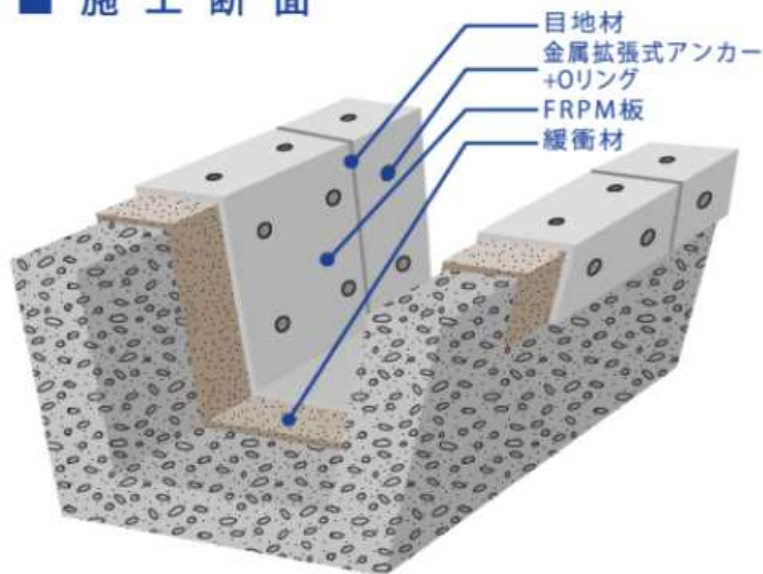
緩衝材(15倍発泡ポリエチレン)

工法の概要・・・

【1／2】

- 老朽化した農業用コンクリート水路の内面に発泡ポリエチレンの緩衝材を挟んで、FRPM板をアンカーボルトで水路躯体コンクリートに固定する表面被覆工法です。
- 水路躯体コンクリートとFRPM板の間に滞留した水分が凍結融解を繰り返しても、その負荷を緩衝材が吸収することで凍結融解に対する抵抗性を高めることができます。

■ 施工断面



工法の概要・・・

【2／2】

- FRPM板が有する優れた水理特性(粗度係数:0.012)により、水路の水理性能が確保できます。
- アンカーボルトには、施工性、高耐食性を有する芯棒打込み式金属拡張式アンカー(所要アンカー引抜き強度:7.6kN／本)を使用します。
- 目地材には、耐候性、引張接着性、柔軟性、施工性に優れる一成分湿気硬化型ウレタン系シーリング材を使用します。



FRPM板



金属拡張式アンカー



ウレタン系シーリング材

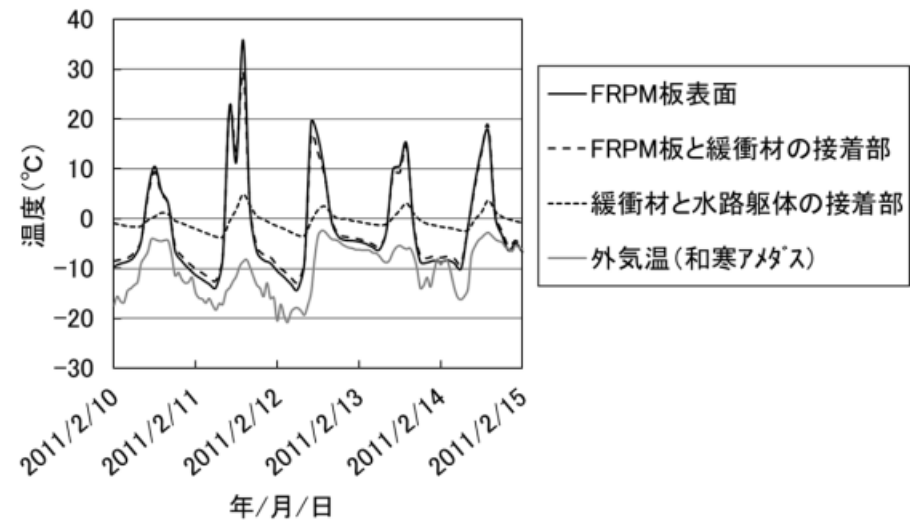
工法の特長【1／5】

■凍結融解抵抗性

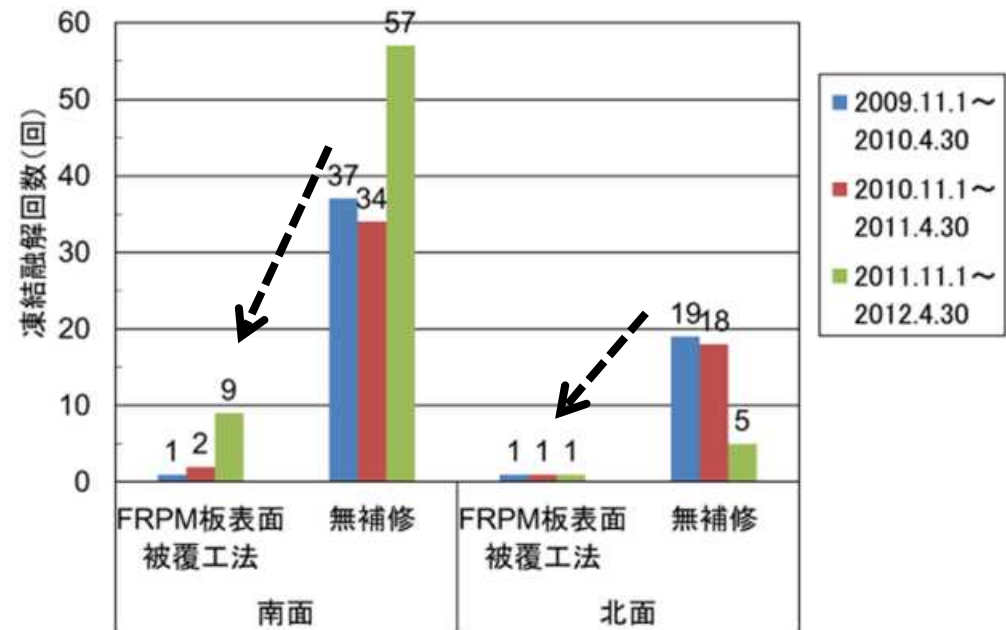
- 緩衝材とFRPM板で被覆することにより、水路躯体コンクリートの凍結融解の発生を抑制することができます。



冬期間の試験施工区間の状況



冬期間の試験施工区間の温度変化



FRPM板で補修した場合と無補修の場合の水路躯体コンクリートの凍結融解回数※¹⁰

工法の特長【2／5】

■漏水防止効果

- FRPM板の突合せ部に、耐久性に優れた目地材をシーリングするので、**止水効果**が得られます。



目地材の促進耐候性試験※

促進暴露試験結果 (S.W.O.M.)						
暴露時間	0 hr	1000 hr	2000 hr	3000 hr	4000 hr	6000 hr
外観状況						

(本工法で使用する目地材)

促進暴露試験結果 (S.W.O.M.)					
暴露時間	0 hr	500 hr	1000 hr	2000 hr	3300 hr
外観状況					

(一般的な目地材)

※JIS A 1415に準拠したサンシャインカーボンアークランプによる促進耐候性試験

工法の特長【3／5】

■水路表面の再構築

- 水路表面をFRPM板で被覆することにより、**既設構造物の機能が維持**されます。



FRPM板の粗度係数※

性能項目	標準値	試験値
粗度係数 n	0.012	0.00850～0.00973

※農水省：土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」※4

FRPM板の耐候性、耐摩耗性※

性能項目	品質項目	品質規格値	試験値
耐候性	紫外線による劣化	膨れ，ひび割れ，剥がれ， 変形がないこと	膨れ，ひび割れ，剥がれ， 変形は認められない
耐摩耗性	摩耗深さ	標準供試体に対する平均 摩耗深さの比が0.5以下	0.42 (0.41, 0.45, 0.40)

※農水省：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)※5

工法の特長【4／5】

■施工性が良く、経済性に優れる

- 特殊な機械や作業を必要としないため施工が容易で、**工期短縮**による**コスト縮減**を図ることができます。



工法の特長【5／5】

■環境に優しい

- 既設の水路を取り壊さない工法なので、産業廃棄物の発生を抑制することができます。



従来の改築工事の例



機能を保持し続ける
FRPM板
(施工11年目の状況)



本工法による補修工事の例

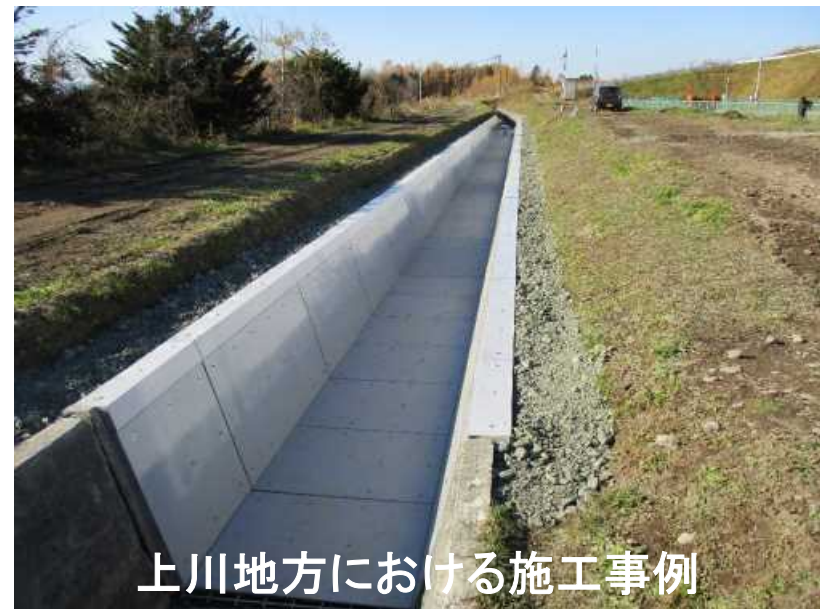


自然の中を流下する用水路

農林水産省 官民連携新技術研究開発事業
寒冷地におけるコンクリート開水路の
将来的なモニタリングが可能な更生工法の開発※6



空知地方における施工事例

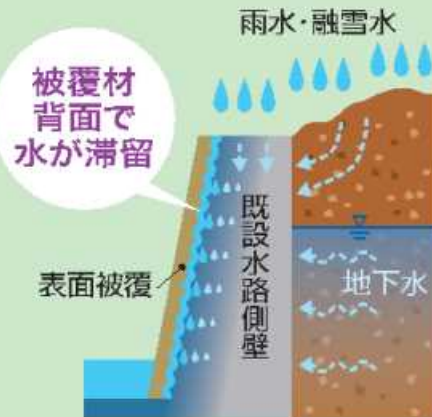


上川地方における施工事例

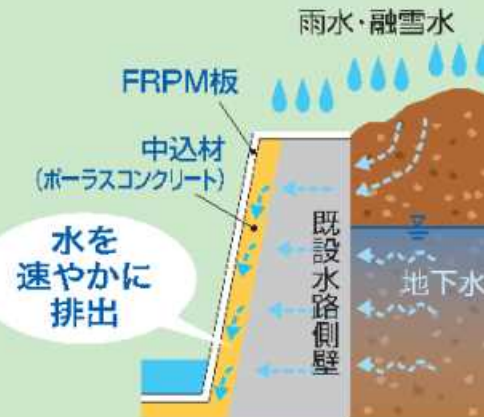
- FRPM板を表面被覆材とし、水路躯体コンクリートとFRPM板との間にポーラスコンクリートを配置した工法。
- 凍結融解作用に対する抑制効果，補強効果が期待でき，また，既設水路の内部状況と施工材料の経時変化を長期的にモニタリングすることができます。

工法の概要

表面被覆工法と本更生工法のちがい

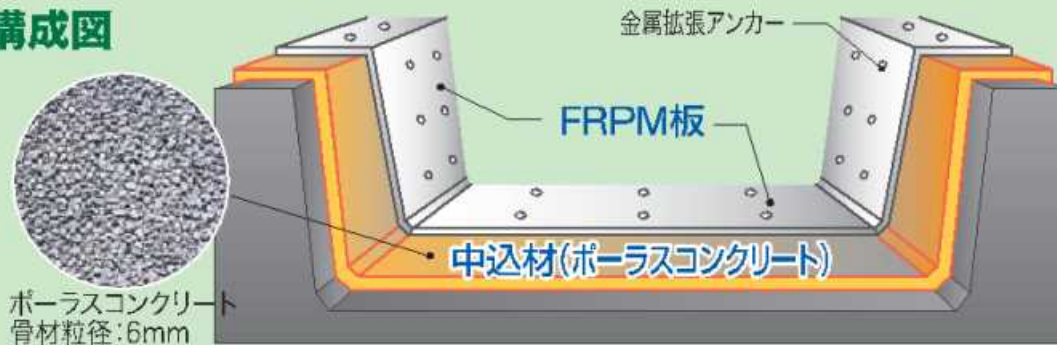


表面被覆工法



本更生工法

構成図



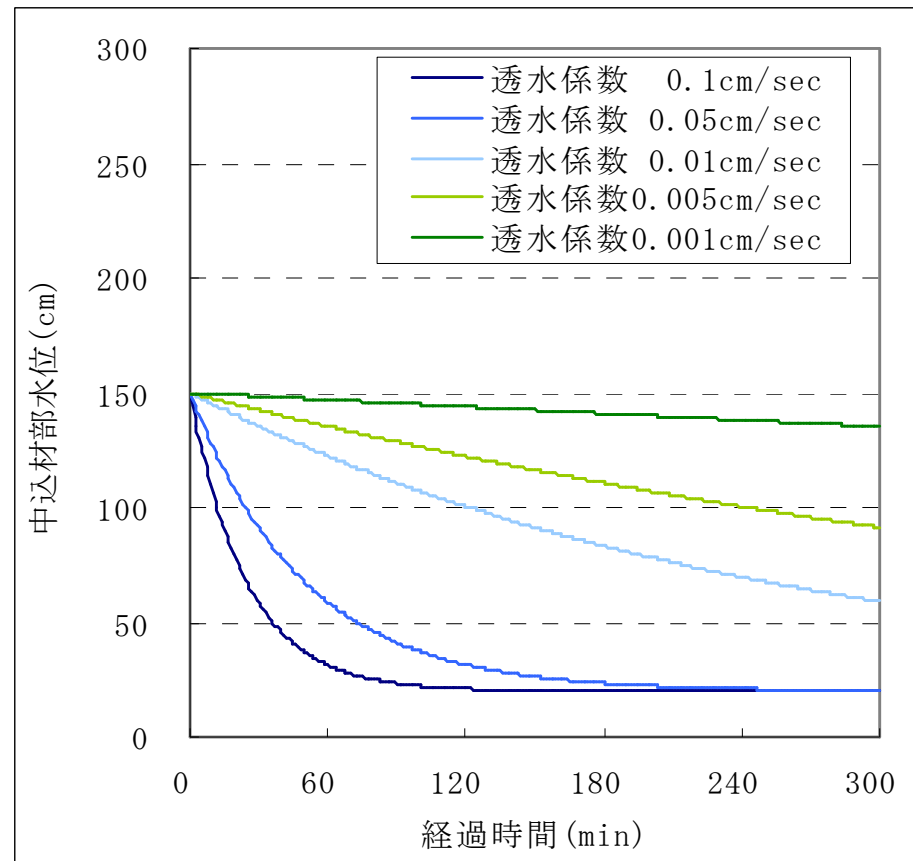
試験施工の様子



新たな表面被覆工法「水路更生工法」

凍結融解作用に対する抑制効果(透水性)※7

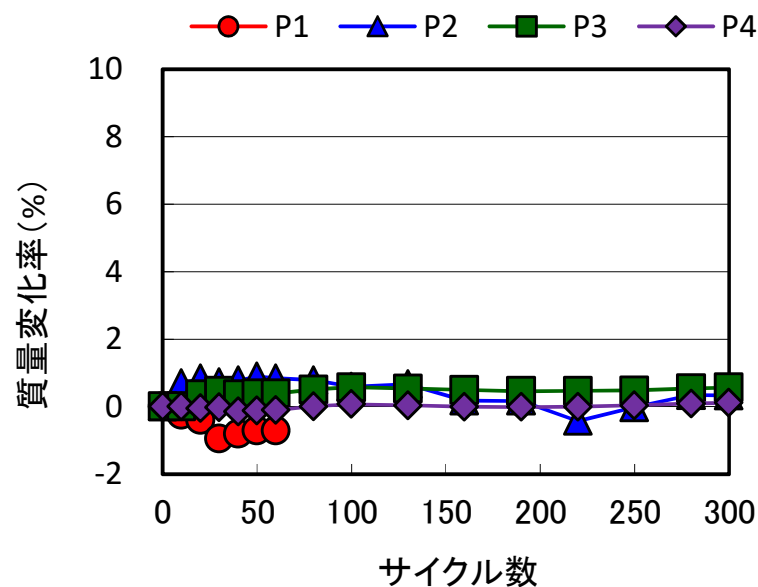
- 中込材にポーラスコンクリートを使用することで既設水路背面からの浸透水を排除します。
- 中込材が飽和した状態を仮定し試算した結果、透水係数 0.05cm/s 以上であれば速やかに排出が可能です。
- そこで、ポーラスコンクリートの空隙率は20%程度としました。



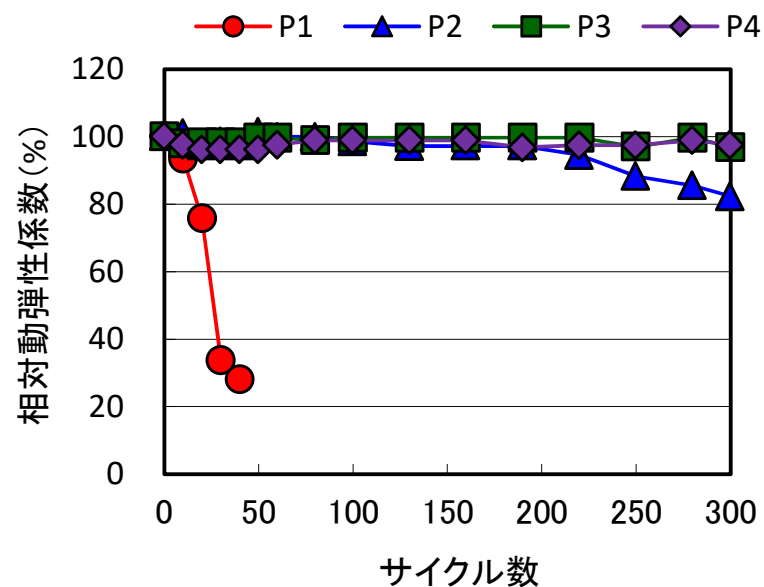
(水路高 $h=150\text{cm}$ の場合)

透水係数の違いによる
中込材部の水位低下試算結果

凍結融解作用に対する抑制効果 (中込材の凍結融解抵抗性)※8



質量変化率



一次共鳴振動数(たわみ振動)

P1: 水中凍結水中融解試験 (JIS A 1148 A法)
P2: 気中凍結水中融解試験 (JIS A 1148 B法)
P3: 気中凍結気中融解試験 (試験前: 水中浸漬)
P4: 気中凍結気中融解試験 (試験前: 気中乾燥)

- 質量変化率はほとんど変化せず, スケーリングは生じません。
- 空隙内部が飽水しなければ, 十分な凍結融解抵抗性を有します。

補強効果※9

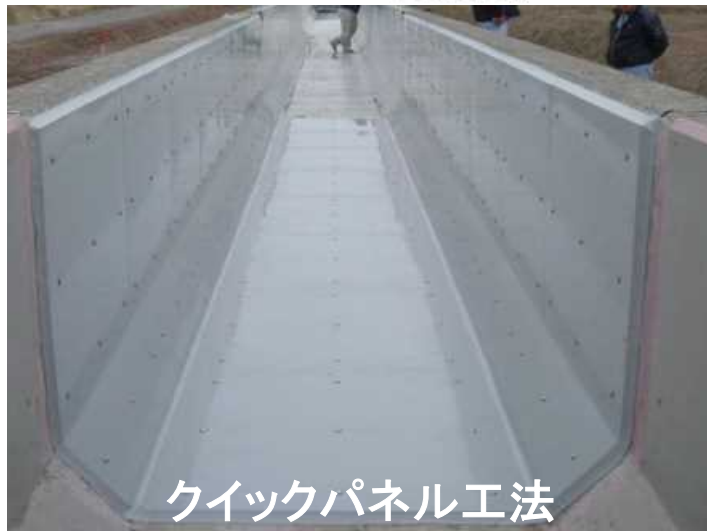
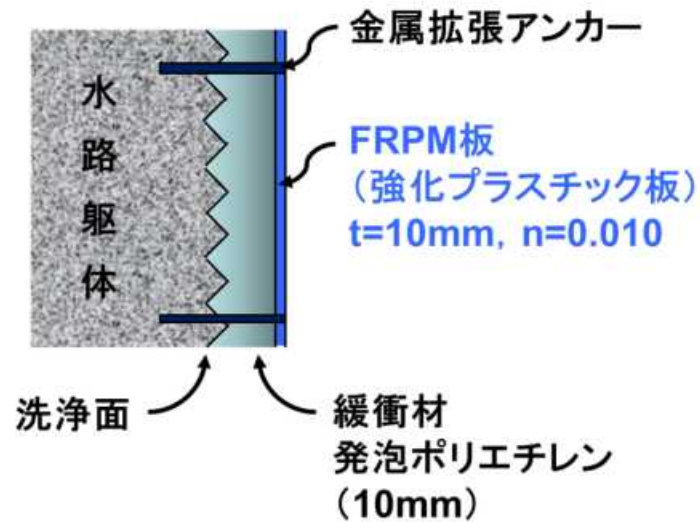
- 耐力低下した既設水路にFRPM板とポーラスコンクリートにより補強を図ることで、新設時と同等以上の構造機能を有することを検証しました。
- 凍害による強度低下に加え、スケーリングや摩耗による断面減厚により耐力低下したフリーームに対し、ポーラスコンクリートを介してFRPM板を設置した場合を想定し、FEM解析によりシミュレーションした結果、耐力向上が認められました。
- 梁試験体、フリーーム試験体を用いた載荷試験を行った結果、耐力向上が認められました。



施工状況

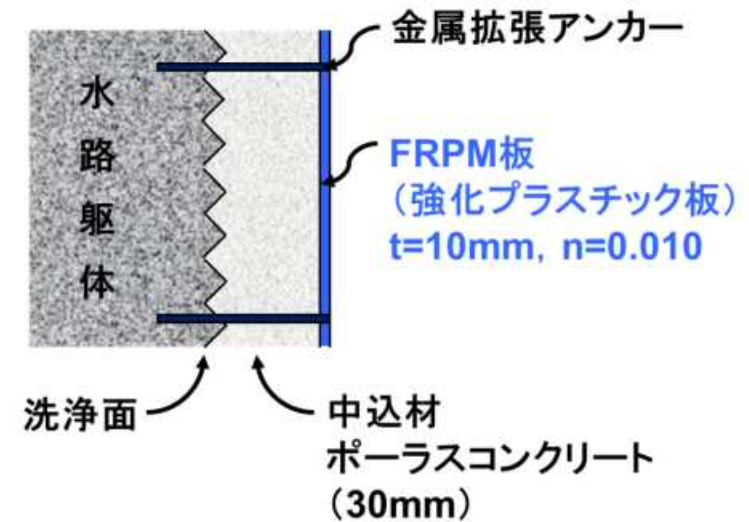


寒地農業用水路の補修における FRPM板ライニング工法



クイックパネル工法

補修効果



水路更生工法

補修効果, 補強効果

品質規格に対する性能の照査※5

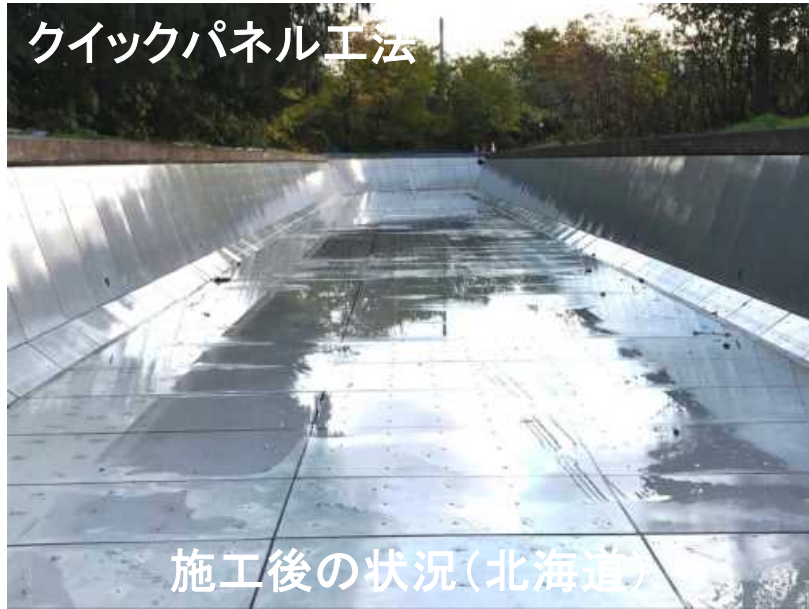
アンカー固定方式パネル工法の品質規格とそれに対する試験結果

要求性能項目		品質項目	照査方法	品質規格値 (案)	試験値
基本的性能	耐候性	紫外線による劣化	JSCE-K 511 キセノン4,000h or サンシャイン2,400h	膨れ, ひび割れ, 剥がれ, 変形 がないこと	膨れ, ひび割れ, 剥がれ, 変形 は認められな かった
	付着性	アンカー 引抜強度	あと施工アンカー 試験方法※	各アンカーに作 用する荷重以 上	各現場にてアン カー引抜試験 を実施し, 設計 荷重以上であ ることを確認
	耐摩耗性	摩耗深さ	表面被覆材の水砂 噴流摩耗試験(案) 材齢28d 20h経過後	標準供試体に 対する平均摩 耗深さの比が 0.5以下	平均摩耗深さ の比は標準供 試体の0.5以下

※(社)日本建築あと施工アンカー協会技術部会「あと施工アンカー試験方法」

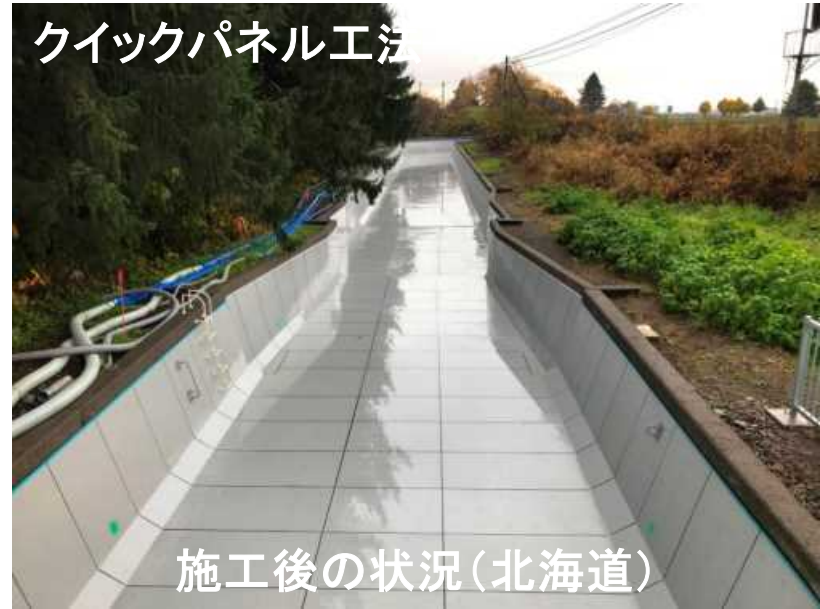
施工後の状況【1／2】

クイックパネル工法



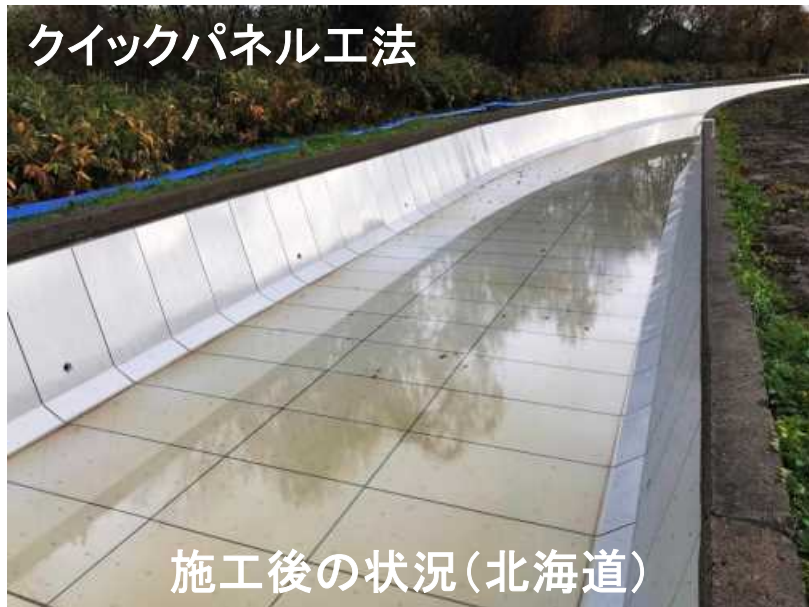
施工後の状況(北海道)

クイックパネル工法



施工後の状況(北海道)

クイックパネル工法



施工後の状況(北海道)

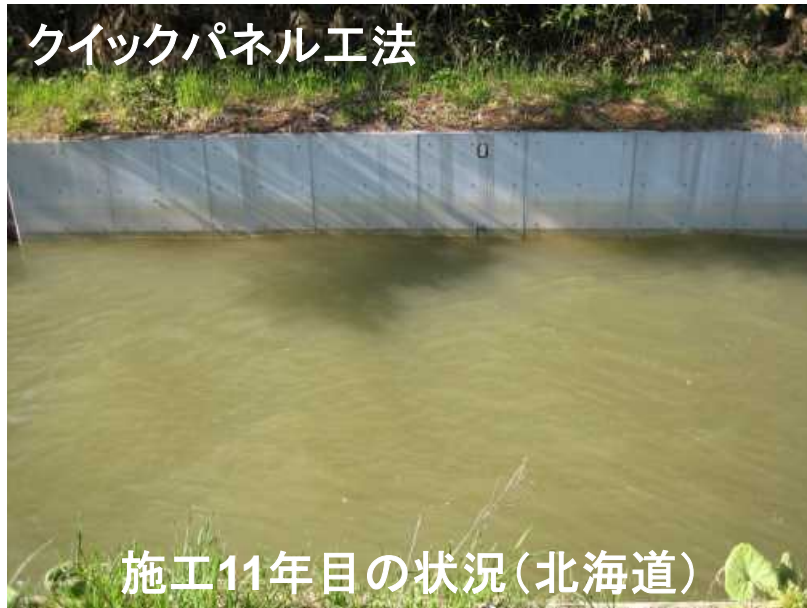
クイックパネル工法



施工後の状況(北海道)

施工後の状況【2／2】

クイックパネル工法



施工11年目の状況(北海道)

水路更生工法



施工6年目の状況(北海道)

水路更生工法



施工6年目の状況(岩手)

水路更生工法



施工5年目の状況(北海道)

施工実績【1／2】

施工面積総計：17,250 m²

工法名	施工場所	施工面積 (m ²)	施工年月	対象
クイックパ ネル工法	北海道内	2653.18	2017年10月	開水路 側壁・底版
	北海道内	37.24	2017年11月	開水路(ボックス) 側壁・底版
	北海道内	2750.3	2018年9月	開水路 側壁・底版
	北海道内	2166.8	2020年9月	開水路 側壁・底版

施工実績【2／2】

工法名	施工場所	施工面積 (m ²)	施工年月	対象
クイックパ ネル工法	北海道内	731.6	2020年10月	開水路 側壁・底版
	北海道内	1941.1	2020年10月	開水路 側壁・底版
	北海道内	1114.6	2020年11月	開水路 側壁・底版
水路更生 工法	北海道内	237.06	2016年10月	開水路 側壁・底版
	北海道内	186.54	2017年10月	開水路 側壁・底版

適用対象・概算工事費・特許

工法名	適用対象 (健全度)	概算工事費	特許
クイックパネル 工法	S-3 (補修)	21,500/m ² (耐用年数40年)	特許 第4576636号
水路更生 工法	S-2, S-3 (補強, 補修)	29,300/m ² (参考値) (耐用年数40年)	特許 第5740521号

- その他

平成28年度 農業農村工学会 優秀技術賞 受賞

お問い合わせ先

- クイックパネル工法研究会事務局(株式会社 栗本鐵工所内)
札幌市中央区北1条西3丁目3番地 敷島北一条ビル7階
TEL:011-281-3308, FAX:011-281-3369
担当:米田, 菊池
- 寒地土木研究所 水利基盤チーム
札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34
TEL:011-841-1764, FAX:011-842-9173
担当:石神

引用文献

- ※1: 石神暁郎・金田敏和・蒔苗英孝・会沢義徳・西田真弓・佐藤智: 超音波伝播速度の測定によるコンクリート開水路の凍害診断, 農業農村工学会誌, Vol.80, No.6, pp.13-16, 2012
- ※2: 農林水産省農村振興局: 平成21年度農業基盤情報基礎調査報告書, pp.61-82, 2011
- ※3: 佐藤智・石神暁郎・金田敏和: FRPM板と緩衝材を用いた表面被覆工法の寒冷地での耐久性およびコンクリート開水路に対する凍結融解作用抑制効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.1675-1680, 2013
- ※4: 農林水産省農村振興局: 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「水路工」基準 基準の運用 基準及び運用の解説, pp.185-188, 2015
- ※5: 農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室: 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), pp.79-81, 2013
- ※6: 石神暁郎・緒方英彦・藤本光伸・青山裕俊: 寒冷地における開水路の更生工法, 農業農村工学会誌, Vol.83, No.9, pp.37-40, 2015
- ※7: 竹田誠・石神暁郎・緒方英彦・青山裕俊: 水路更生工法の断面構成の評価, 平成27年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.726-727, 2015
- ※8: 緒方英彦・石神暁郎・田場一矢・藤本光伸: ポーラスコンクリートの凍結融解抵抗性および熱的性質, 農業農村工学会誌, Vol.83, No.9, pp.29-32, 2015
- ※9: 渡部浩二・竹田誠・田場一矢・緒方英彦: 寒冷地における水路更生工法の補強効果, 水と土, No.177, pp.63-67, 2016