

様式 1

研究成果報告書

研究課題名	HPFRCCを表面遮水壁および下流法面保護層に用いるため池更新技術の開発
研究開発組合代表者名	鹿島道路株式会社

1. 研究目的（研究開発の概要図等添付）

我が国には、約23万基のため池があり、重要な農業水利施設としての役割を担っている。それらの多くは長期間にわたって供用されており、漏水やパイピング、ひび割れ、陥没、断面変形、余裕高不足などの損傷が発生するものが増えている。また、損傷や不具合が発生していないため池においても、所要の堤体安定性を満足しないものが多いのが実状である。

このようなため池の改修においては、堤体の法勾配を緩和させる前刃金工法が採用されることが多い。しかし、前刃金工法の施工では、堤体の拡大に伴って耕地を縮小せざるを得ない場合や、良質な盛土材を遠方より運搬しなければならない場合がある。それに対し、堤体を遮水して土の強度定数を上昇させる表面遮水工法があるが、遮水材の耐候性が低いことや、遮水材に破損の懸念があるために施工後の維持管理作業が行えなくなることなどの課題があった。

そこで、表面遮水工法の遮水材として、変形性能に優れたセメント系材料「HPFRCC : High Performance Fiber Reinforced Cement Composite（複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料）」を用いる新工法を開発した。HPFRCCには、髪の毛ほどの太さの高強度繊維が含まれており、引張力によってひび割れが発生した場合でも、繊維の架橋によって微細な範囲に制御し、**写真-1**に示すように、大きく変形することができる。結果として、遮水性を確保しながら、堤体の変形に追従することが可能である。また、耐候性にも優れ、施工後の維持管理作業を行うこともできる。

一方、近年、地球温暖化によって集中豪雨が多発するとともに、都市化の影響によって短時間の流出量が増加しており、ため池の堤体には、貯留水の越流による決壊を回避する方策が必要とされている。そこで、堤体の下流側に、洪水吐とは別に越流水路を設置し、HPFRCCで被覆する工法を開発した。本工法により、遮水性および耐候性に優れた越流対策を実現することができる。



写真-1 HPFRCCの優れた変形性能

2. 研究内容

本研究では、ため池の上流側をHPFRCCで被覆することにより、浸潤線を低下させて堤体の安定性を改善・向上させる新工法を開発した。この工法では、図-1に示すように、水位の急激な変動に伴う堤体内部の圧力を緩和するために、HPFRCCの下にポーラスコンクリートを設置し、その下面に土砂の流出を防止するための吸出し防止シートを敷設する。

また、下流側の越流対策として、堤体に貯留水を流下させる越流水路を設置してHPFRCCで被覆する工法を開発した。

本研究の内容については、図-2に示すとおりである。

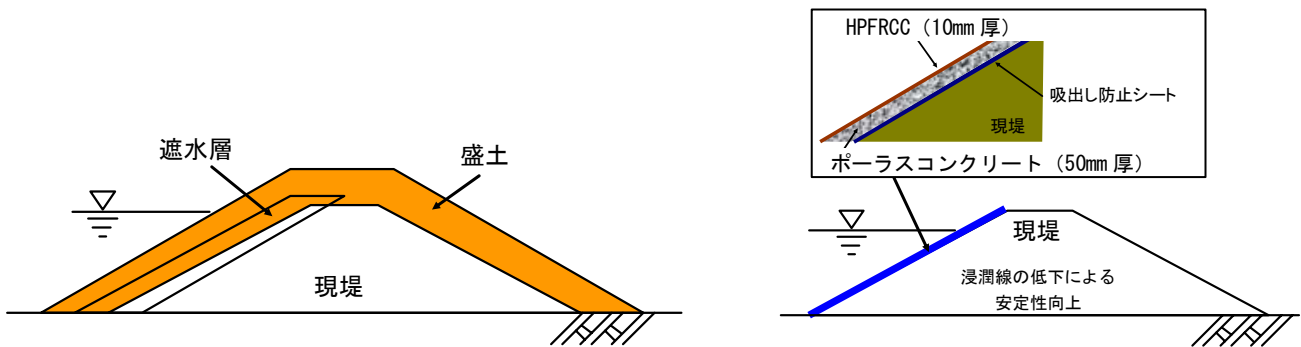


図-1 新工法の概要（左図：従来工法、右図：新工法）

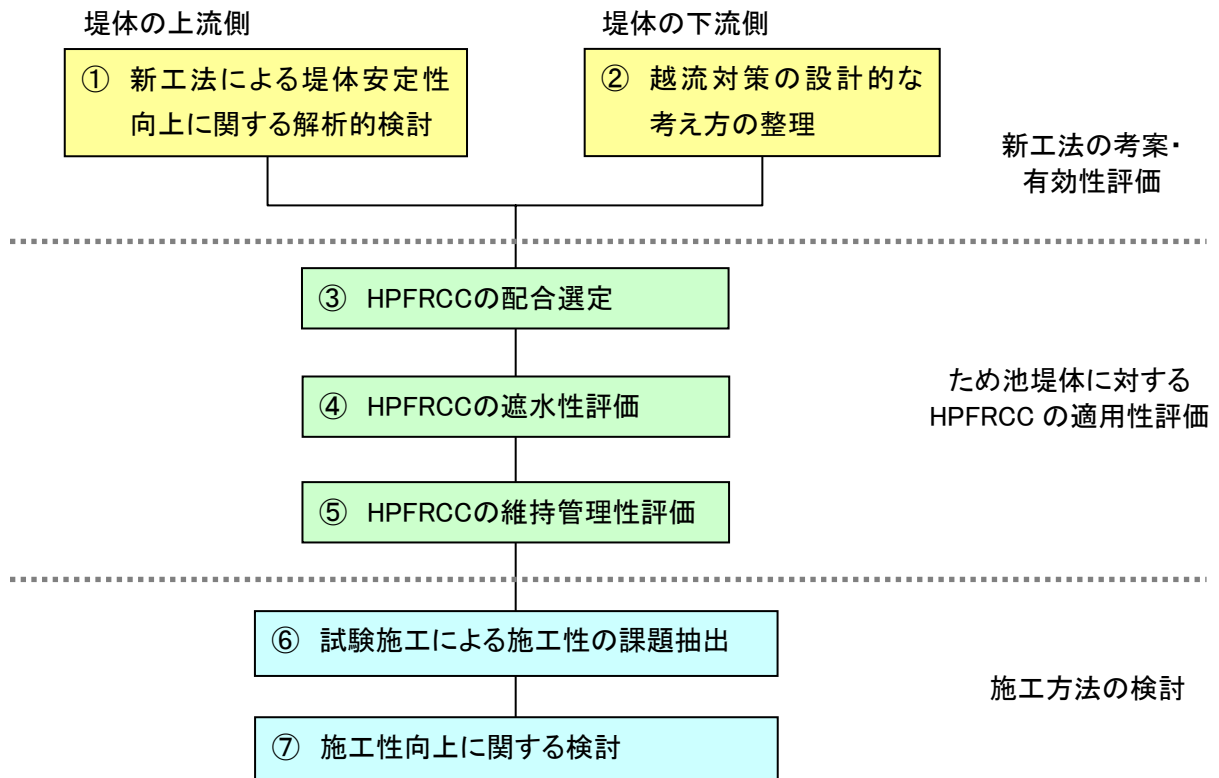


図-2 新工法の実現のための研究内容

3. 目標とする成果

3.1 目標とする成果

- ・ 新たな表面遮水工法による堤体安定性向上効果の確認
- ・ 越流対策工法の設計思想の整理
- ・ ため池の堤体への施工性に優れたHPFRCCの配合選定
- ・ ため池に想定される水位に対するHPFRCCの遮水性評価
- ・ 雑草木の繁茂に対するHPFRCCの維持管理性評価
- ・ 新工法の施工方法の確立

3.2 従来技術との比較

上流側の新工法について、従来技術との比較を表-1に示す。

表-1 従来技術との比較

工法	施工時			維持管理時					
	用地拡大	工期	コスト	耐久性	雑草木の繁茂	作業性	豪雨時安全性	地震追従性	コスト
前刃金工法	× (伴うことが多い)	△	○	○	△ (あり)	◎	△	○	○
従来の表面遮水工法	◎ (なし)	◎	◎	△	○ (ほとんどなし)	△	△	○	○
新工法	◎ (なし)	◎	○ (前刃金工法と同程度)	◎	◎ (なし)	◎	◎	◎	◎

また、本工法によって得られる効果を以下に示す。

- ・ 既設のため池の用地を拡大することなく、所要の堤体安定性を確保することができる。
- ・ ため池の貯水量を確保しながら、所要の堤体安定性を確保することができる。
- ・ ため池の改修に必要な盛土材を減らすことができる。
- ・ 改修後の堤体上で、重機やスコップなどを用いた維持管理作業を行うことができる。
- ・ HPFRCCのひび割れ分散性や自己修復性によって種子の侵入を防ぐことができるため、雑草木の繁茂を抑制することができる。
- ・ 改修後の堤体に高い耐久性を期待することができる。
- ・ 万が一、貯留水が越流した場合でも、堤体の決壊防止が期待できる。
- ・ HPFRCCが、セメント系材料としての高い耐久性を有することや、雑草木の繁茂を抑制できること、越流による決壊が防止されることから、ライフサイクルコストを低減することができる。

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）

（1）新たな表面遮水工法による堤体安定性向上効果の確認

断面欠損が確認されたため池を事例として、土質調査結果に基づいて設定した設計値を用い、円形すべり面スライス法による安定解析を行った。その結果、新工法による堤体上流側の最小安全率が、前刃金工法と同等以上になることを確認した。

（2）越流対策工法の設計思想の整理

堤体に越流水路を設置する場合の設計上の考え方として、非越流部高さ（コア天端）と堤体天端の差を水路の深さとする考え方を整理した。

（3）ため池の堤体への施工性に優れたHPFRCCの配合選定

急勾配の堤体に対して施工することが可能なHPFRCCの配合を選定した。さらに、選定した配合のHPFRCCの変形性能を確認した（4.2（1）参照）。

（4）ため池に想定される水位に対するHPFRCCの遮水性評価

HPFRCCにひび割れが発生した場合でも、ため池やダムなどで表面遮水材として用いられるアスファルト系材料と同程度の遮水性を保持していることを確認した（4.2（2）参照）。

（5）雑草木の繁茂に対するHPFRCCの維持管理性評価

HPFRCCにひび割れが発生した場合でも遮光性を有し、植物の繁茂を抑制できる可能性が高いことを確認した。また、植物が成長する場合でも、HPFRCCが追従して大きなひび割れを抑制できることを確認した（4.2（3）参照）。

（6）新工法の施工方法の確立

実際のため池堤体に対して本工法を適用することが可能であり、施工後に、ひび割れなどが発生しないことを確認した。また、効率的および経済的な施工方法を考案した（4.2（4）参照）。

4. 2 実験施設における概要、結果、課題等（実験状況がわかる写真等添付）

（1）ため池の堤体への施工性に優れたHPFRCCの配合試験

写真-2に示すように、ため池堤体を模擬した1：1.5の勾配に対するHPFRCCの施工性を確認した。目視によって、堤体に施工したHPFRCCの自重による流下状態を確認した結果、スランプフロー350±50mm程度のHPFRCCが、最も施工しやすく、かつ堤体からの流下もないことが分かった。この結果を受けて、HPFRCCの配合選定試験を行い、写真-3に示すように、所要のフレッシュ性状を満足する配合を選定した。

また、写真-4に示す一軸引張試験を実施し、図-3に示すとおり、この配合のHPFRCCが、多数のひび割れを発生させながら3%以上の引張ひずみに達することを確認した。



写真-2 ため池堤体への施工性確認試験

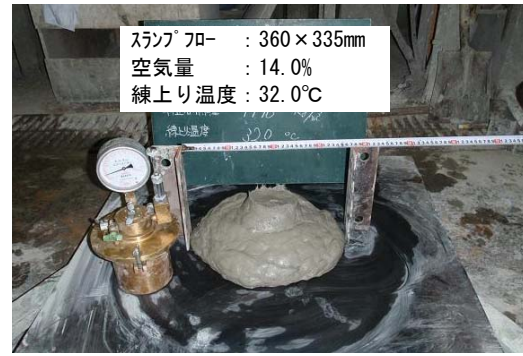


写真-3 HPCRCCの配合選定試験結果



写真-4 一軸引張試験の状況

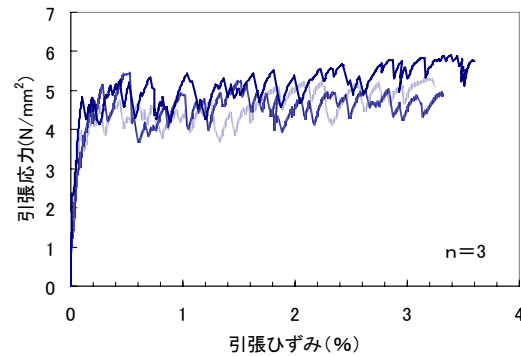


図-3 一軸引張試験結果

(2) ため池に想定される水頭差に対するHPCRCCの透水試験

HPCRCCに、あらかじめひび割れを発生させ、写真-5に示すように、ため池の堤体で想定される最大水頭差15mとなる透水試験を実施した。その結果、HPCRCCにひび割れが発生した場合でも、透水係数は、 $10^{-9} \sim 10^{-8}$ cm/sの範囲にあり、ため池やダムなどで表面遮水材として用いられるアスファルト系材料と同程度の遮水性を保持していることを確認した。



写真-5 透水試験状況 (左：微細ひび割れ発生後のHPCRCCの例、右：試験の実施状況)

(3) 雑草木の繁茂に対するHPCRCCの抵抗性試験

HPCRCCにあらかじめひび割れを発生させ、写真-6に示すように、植物の光合成に影響を及ぼす透過輝度を測定した。その結果、HPCRCCにひび割れが発生した場合でも、透過輝度は、0.85～1.82lxの範囲にあり、竹の光合成に必要な最小輝度である265lxと比較して、植物の

繁茂を抑制できる可能性が高いことを確認した。また、**写真-7**に示すように、屋外でHPFRC Cによる植物の繁茂抑制効果の試験を実施したところ、植物の成長にHPFRC Cが追従し、大きなひび割れの発生を抑制できることを確認した。



写真-6 透過輝度測定状況



写真-7 植物の繁茂抑制効果の確認試験状況

(4) 新工法の施工性試験

鳥取県鳥取市の実際のため池を用いて新工法の試験施工を行った。その結果、**写真-8**に示すように、急勾配となるため池堤体に対して、本工法を適用することが可能であり、施工後に、ひび割れなどが発生しないことを確認した。



写真-8 新工法の試験施工の状況 (左：施工中の状況、右：施工後の状況)

さらに、実用化に向けて施工性を向上させることが課題と考えられたため、モルタルポンプなどを利用して施工性向上を図ることとし、**写真-9**に示すように、模擬堤体に対する施工性試験によって方法の有効性を確認した。



写真-9 模擬堤体による施工性試験の状況 (左：施工中の状況、右：施工後の状況)

4. 3 実証試験工事（現場適用）の概要、結果、課題等（工事状況がわかる写真等添付）

2010年1月に、高知県南国市の向の池（写真-10）において、実証試験を実施する予定である。



写真-10 向の池の状況（左：水抜き前、右：水抜き後）

4. 4 普及活動状況等

（1）施工見学会の開催

2008年11月5日、鳥取県鳥取市において新工法の施工見学会を開催し、写真-11に示すように、鳥取県や鳥取市、鳥取大学などから約30名の参加があった。



写真-11 施工見学会の状況（左：堤体上での説明、右：施工状況の見学）

（2）新工法説明会の開催

2009年5月27日、中国四国農政局において新工法説明会を開催した。中国四国農政局整備部防災課、鳥取県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県および高知県より全31名の出席があった。

（3）専門誌などへの投稿

「農業土木技術研究会：水と土」に、本技術に関する報文を投稿中である。また、今後、積極的に論文、雑誌および新聞などへの発表を行っていく予定である。

5. 今後の課題

本工法は、遮水性、耐久性および維持管理性に優れており、さらにライフサイクルコストの低減にも貢献できるものであるが、実績がないことが課題である。ため池のような基幹施設に対して、実績がない工法を採用することには難しい面もあり、今後、普及活動を通じて実績を積み重ねていくことが必要と考えられる。

6. 試験研究機関（農工研、大学等）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	本研究は、ため池という施設の特徴を理解した上で、材料、設計、施工の各段階における課題の解決を図る必要があったが、各機関の専門家が課題の分担、結果の連携を行うことで効率的に遂行することができた。また、各機関の専門家の分担、連携が十分に行われたことが第一の理由であるが、新技術開発がほぼここに成った事実からも、研究計画は妥当であったと認められる。
目標の達成度	A	本研究で開発した新技術は、現況が様々に異なるため池を対象にしているために、個々のため池の現況に応じた微調整が必要になるものの、HPFRCCを被覆材とし、ため池法面に施工する技術の基本は完成したことから、目標は達成されたと認められる。
研究成果の普及可能性	A	本研究で開発した新技術は、ため池の構造安全性の改善を図るだけでなく、将来的な維持管理性の改善までも図っており、超長期利用のため池のLCCを踏まえても、普及の可能性は高いと認められる。
研究成果の出来栄	A	試験施工および模擬堤体での試験を通して、材料、設計、施工の各段階における課題の解決が図られ、試験施工ため池の地域住民および行政関係者が美観や維持管理性の点からも満足していることから、出来栄は十分であると認められる。
<p>総合コメント</p> <p>本研究で開発した新技術は、貯水機能だけでなく地域用水機能を有するため池が対象であることから、農業従事者だけでなく地域住民の安全性や利用性を確保しながら維持管理性の改善を図り、超長期利用のための構造安全性を図る上で、有益な成果が得られたものと評価できる。</p>		

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	各機関で役割を分担し、効率的に研究を進めることができた。また、HPFRCCの特長を活かして従来技術の課題解決を図ることができ、計画は妥当であったと考える。
目標の達成度	A	本工法は完成の域にあり、ほぼ目標を達成できたものとする。
研究成果の普及可能性	A	本工法は従来技術にない特長を有するものであり、普及の可能性は高いものとする。また、積極的な論文、雑誌などを通じて成果を周知し、普及に努める予定である。
研究成果の出来栄	A	試験施工箇所の出来栄より、本工法は、止水性、美観および維持管理性に優れたものとして評価する。
<p>総合コメント</p> <p>本工法は、遮水性、耐久性、美観および維持管理性に優れた表面遮水工法として、ため池改修における従来技術の課題を解決することができ、さらにライフサイクルコストの低減にも貢献できるものとして評価する。</p>		

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。