

アスファルト表面遮水壁のひび割れの簡易補修 —試験施工について—

小樽開発建設部 土地改良情報対策官付 ○高田 賢一
土地改良情報対策官 相澤 俊也
土地改良情報対策官付 長谷川 和彦

表面遮水壁型フィルダムでは堤体表面の遮水壁にアスファルト混合物を舗設して遮水性を確保するが、遮水壁の損傷・経年劣化に対し施設管理者が簡易的に補修を実施できる対策工法の技術が求められている。直轄かんがい排水事業双葉地区で造成された双葉ダムにおいて、遮水壁に発生したひび割れ補修の試験施工を国営造成水利施設ストックマネジメント推進事業で実施したので報告する。

キーワード：長寿命化、維持・管理

1. はじめに

アスファルト表面遮水壁型フィルダムは、日本国内に16ダム（農業用ダムは6ダム）¹⁾ある。本事業で対象の双葉ダムは、北方の積雪寒冷地に位置する、堤高は61.4mの大型ダムである。双葉ダムは、直轄かんがい排水事業双葉地区で造成され、昭和62年に竣工した。その後、アスファルト表面遮水壁の損傷・劣化が進行したことから、国営造成土地改良施設整備事業により、平成17年から19年の施工で保護層と表層第3層部の全面打ち換えがおこなわれた。

現状のアスファルト遮水壁は、過年度の調査結果より経年劣化等に伴う損傷は見られるものの、ひび割れ発生深度は浅く、変状の程度は軽微であると考えられる。

一方、将来の変状の進行によるアスファルト表面遮水壁の同様な全面打ち換えを計画した場合、20年間隔毎に打ち換え工事が必要になり、インシヤルコストが嵩むことになる。そこで、施設管理者が日常点検の中で、できるアスファルト遮水壁の損傷・劣化予防作業をおこなうことにより、遮水壁の長寿命化を図り施設全体のLCCを抑えることができると考えられる。

本報文は、施設管理者による対策工法の技術開発のために、遮水壁に見られる「ひび割れ」を対象に国営造成水利施設ストックマネジメント推進事業で、本年度に実施した試験施工の状況と結果を踏まえた、施工後の適用性評価について報告する。

2. アスファルト表面遮水壁の構造と課題

(1) アスファルト表面遮水壁の構造

遮水壁は、図-1に示す堤体の貯水池側表面に舗設されている。その構造を図-2、表-1に示す。

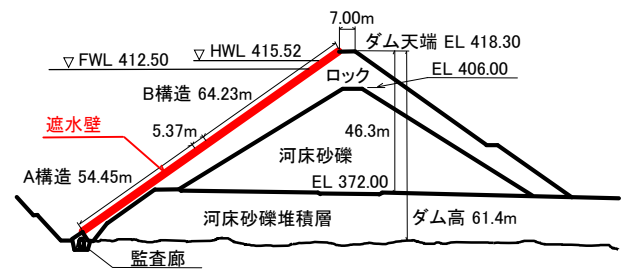


図-1 双葉ダム堤体断面

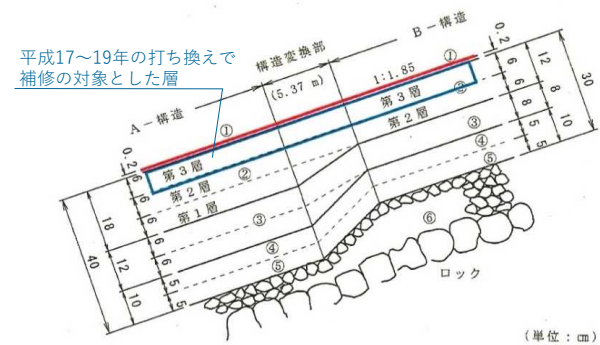


図-2 遮水壁の構造

表-1 遮水壁の構造

No	名 称	材 料	A構造	B構造
①	保護層	アスファルトマスチック	2mm	2mm
②	表層	密粒度アスファルト混合物	6cm×3層	6cm×2層
③	中間排水層	開粒度アスファルト混合物	6cm×2層	8cm×1層
④	基層	密粒度アスファルト混合物	5cm×1層	5cm×1層
⑤	基層	粗粒度アスファルト混合物	5cm×1層	5cm×1層
⑥	トランション層	最大粒径 80mm 砕石	20cm	25cm
遮水壁の厚さ			40.2cm	30.2cm

(2) アスファルト表面遮水壁の損傷要因

遮水壁の劣化のメカニズムを図-3に示す。気温の下降と上昇でアスファルト遮水壁が収縮と膨張を繰り返す。これにより、アスファルト材料の内部と外部拘束で応力が発生し、材料に疲労が蓄積され、ひび割れが発生する²⁾。

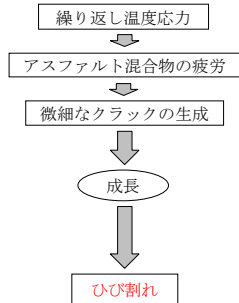


図-3 遮水壁の劣化のメカニズム

(3) アスファルト表面遮水壁の維持管理の課題

遮水壁の損傷が中間排水層（図-2）まで進行すると、貯水池からの浸透水が、中間排水層を伝って監査廊へ至り、遮水壁通過の浸透量としてダム管理棟機器により計測される。浸透量の増加は、将来的に遮水壁部の機能不全に至る深刻な状況となる。そのため、浸透量が増加していく前に遮水壁を補修する必要がある。

しかし、アスファルト表面遮水壁の全面打ち換え工事は費用が嵩むことから、この補修間隔を対策工法により如何に広げていくかが、今後の施設保全と管理における課題になっている。

3. 試験施工の概要

(1) 目的

遮水壁の損傷は、保護層に発生する場合と表層内部に発生する場合がある。保護層に発生する損傷は、直ちに遮水壁の性能に影響を及ぼすものではない。しかし、放置すると遮水層の損傷が進行するため、将来的には全面打ち換え工事が必要である。一方、表層内部に発生する損傷は、進行し深部に至ると遮水壁の機能が損なわれかねないため、早急な対策が必要である。

双葉ダムでは、表層の比較的深い内部でもひび割れが確認されている。こうしたひび割れを早期に発見し補修することで、劣化が深部に至るのを遅らせることができ、遮水壁の長寿命化につながると考えられる。

そこで、施設管理者である土地改良区が日常点検の中で遮水壁の状態を点検し、容易に補修できるような工法を開発することを目的に、「ひび割れ」に着目して補修の試験施工を実施した。

(2) 補修工法と材料の選定

ひび割れに対する補修工法には、ひび割れ箇所に補修剤を注入する「注入式」と表面にテープ状の補修材を張る「成形式」がある。試験施工では、補修後に目視で調査ができることと、アスファルト遮水壁の温度変化に対する追従性に優れていることから、「注入式」を採用することにした。

注入に用いられる補修剤は、ゴム系アスファルト、アスファルト乳剤系、樹脂系の材質がある。いずれの材料も開発メーカーは、道路での使用を前提にしたものであり、急斜面上での使用は考慮されていない。

そのため、昨年度に供試体を用いた材料の適用試験をおこなった。試験には、遮水壁の傾斜勾配を再現したアスファルト上に、各種の補修剤を注入して適用性の検証をおこなった（表-2）。

表-2 事前試験結果

製品名	種別	施工方法	事前試験後の評価	(写真)
RC加熱シーラ	ゴム系アスファルト	加熱したシーラ剤をヤカン等で運搬し、注入する。	Uカットにより内部への充填ができることを確認した。スリート及びUカットでの試験施工を計画する。	
ストリングシール	(同上)	ヒモ状の製品をクラックに詰め、トーチバーナー等で加熱溶解し注入する。	補修剤の溶解時にアスファルトを長時間直接加熱してしまい、アスファルト劣化の要因となる可能性。不採用。	
クイックスティック	(同上)	棒状の製品をトーチバーナー等で加熱溶解し注入する。	Uカットにより内部への充填ができることを確認した。スリート及びUカットでの試験施工を計画する。	
RC常温メンテ	アスファルト乳剤系	主剤に硬化剤を添加混合して注入する。（可使時間10分程度）	施工は可能と思われるが、補修剤の粘度が低く、Uカットは適さないことを確認。注入孔を施工することを計画する。	
コールドカットK	樹脂系	主剤に硬化剤を添加混合して注入する。（可使時間30分程度）	補修剤の粘度が非常に低く、斜面上での施工に適さないことを確認。不採用。	

試験結果より、ストリングシール材は、ヒモ状の製品をクラック内に詰め、トーチバーナーで製品を加熱し溶解させて遮水壁と一体化させる補修剤である。しかし、斜面上で整形しながら注入する場合、融解までの加熱時間が長くなり、アスファルト遮水壁を痛めてしまう危険性があった。他方、コールドカットKは樹脂系の常温施工タイプの補修剤であるが、粘度が非常に低い、液体状のため斜面では充填ができない状況であった。

結果として、上記2種の補修剤を除いた①ゴム系アスファルトを溶解炉で溶解して注入する「RC加熱シーラ」、②ゴム系アスファルトをガスバーナーで溶解しながら注入する「クイックスティック」、③常温でアスファルト乳剤系の主剤に硬化剤を混合し注入する「RC常温メンテ」の3種を選定した。

さらに、ゴム系アスファルトの補修剤は、施工時間は要するが、供試体にUカットの溝を付けてから材料を充

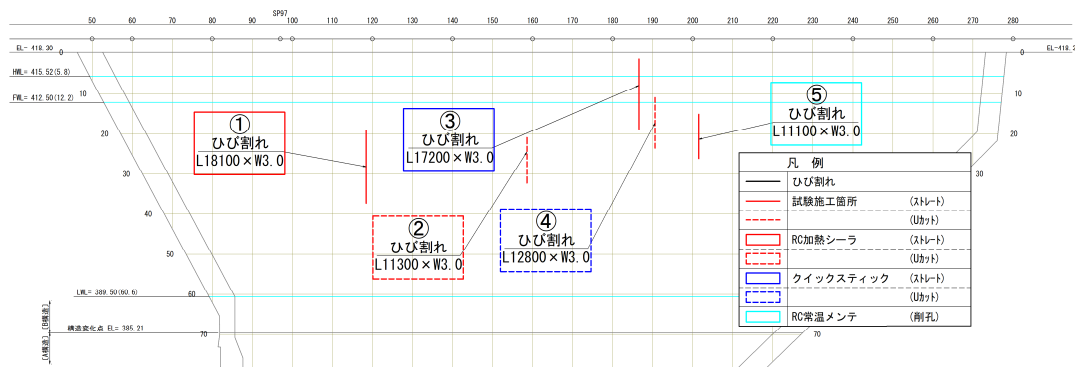


図4 試験施工箇所

填する³⁾ことで内部に浸透させることができた。一方、アスファルト乳剤系の補修剤は、粘性が小さく多くが外に漏れ出てしまうことがわかった。対策として注入孔を穿ってから充填することで漏れ出さないことが確認された。

以上の試験結果より、工法①と②では、施工前に溝を付けるケース (Uカット) と溝を付けないケース (ストレート)、また工法③では施工前に注入孔を穿つケースの計5パターンにて現地試験施工をおこなうこととした。

(3) 試験施工箇所の選定

過年度の調査結果から、発生頻度の最も高いひび割れが幅3mm、延長10～20mのものであったため、試験施工を行う箇所は、ひび割れ幅3mmの発生箇所の中から抽出することにした。

さらに、試験施工の結果に「バラツキ」を生じさせないように、貯水の水面上に出て外気にさらされる条件が同一になる標高付近の場所を絞り込んだ。以上の条件を踏まえ、図4に示す常時満水位付近の5ヶ所を選定した。

(4) 施工手順

試験施工は、準備、施工部処理、清掃、注入、整形の手順でおこなった。準備では、作業員が施工部まで安全に降りるための親綱 (写真-1)、用具や資材を施工部まで移動させるための台車 (写真-2) を準備した。

施工部処理では、RC加熱シーラとクイックスティックのUカット作業はディスクグラインダーに研磨砥石を装着してカット作業をおこなった (写真-3、写真-4)。

また、RC常温メンテには、電動ドリルを用いて注入孔を穿孔した (写真-5)。

清掃には、ディスクグラインダーにナイロン素材の研磨ディスクを装着して施工部を露出させ、ひび割れ内部の埃を掃除機で吸い取った (写真-6、写真-7)。

注入作業のRC加熱シーラは、まず、堤体上部に設置した溶解炉で補修剤を加熱した。次に、柄杓でヤカンへ材料を注いだ。最後に、ヤカンを斜面施工部まで運んでひび割れに流し込んだ (写真-8)。クイックスティックは、ひび割れの上で、補修材をガスバーナーで溶かしながら流し込んだ (写真-9)。RC常温メンテは、主剤に

硬化剤を混合し、完全に硬化するまでの約10分の間に注入作業をおこなった (写真-10)。

整形は、補修剤の注入時にコテを用いて繰り返し不陸整形をおこなった。RC常温メンテは、主剤に硬化剤を混合するため、補修剤の効果が進む前に注入しながらコテを用いて整形をおこなった。

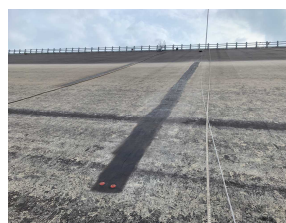


写真-1 準備 (親綱)

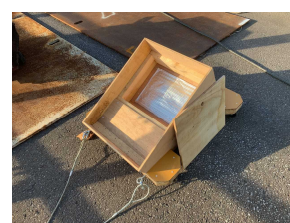


写真-2 準備 (台車)



写真-3 施工部処理 (Uカット)



写真-4 施工部処理 (Uカット)



写真-5 施工部処理 (削孔)



写真-6 清掃 (ひび割れ内部)



写真-7 清掃 (施工面)



写真-8 注入 (RC加熱シーラ)

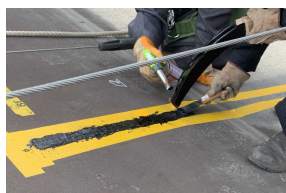


写真-9 注入
(クイックスティック)

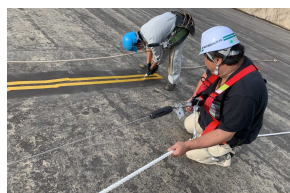


写真-10 注入
(RC常温メンテ)

4. 施工結果

施工の結果は、「目視調査」、「作業性」、「作業時間」、「施工費」、「施設管理者による補修の施工性」の5項目で評価した。

各項目について、工法を相対的に評価し、その結果を◎、○、△、×で記した。

また、各項目の評価を表-3の点数に換算し、合計点による総合的な評価とした。

表-3 評価と点数

評価	点数	指標
◎	3	他の工法と比較して非常に優位である
○	2	他の工法と比較して中間的である。
△	1	他の工法と比較して劣位である。
×	0	その項目において、補修工法として適していない。

(1) 目視調査

試験施工の直後におこなった目視調査の結果から、施工箇所の状態について評価をした。

RC加熱シーラ（ストレート）とクイックスティック（ストレート）は、施工厚さが1mm以上あることが確認できた（写真-11、写真-12）。

RC加熱シーラ（Uカット）とクイックスティック（Uカット）では、Uカット部の補修剤がひび割れ内部へ沈み込んでいることを目視確認した（写真-13）。

Uカットを施した箇所は、施工時の注入作業の繰り返しが多かったことから、補修剤がより内部へ充填されていると判断し、施さない工法を『○』、施した工法を『◎』評価とした。

RC常温メンテは施工厚さが0.3mm程度の箇所がある（写真-14）。加熱タイプの2種と比較すると、仕上がり厚が、薄いことより『△』評価とした。

なお、『×』評価は、補修剤が施工部にとどまらず流れ出てしまう場合とした。



写真-11 施工厚さ $t=1.3\text{mm}$
(RC加熱シーラ)



写真-12 施工厚さ $t=1.0\text{mm}$
(クイックスティック)

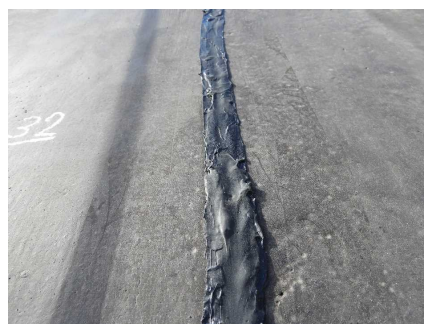


写真-13 Uカット部の状況
(RC加熱シーラ)



写真-14 施工厚さ $t=0.3\text{mm}$
(RC常温メンテ)

(2) 作業性

各工法の作業性は、施工会社から作業手順、作業の難易度を聞き取り、評価をおこなった。

RC加熱シーラは、補修材を加熱するための溶解炉の準備が必要になり、簡易作業とは言い難い。しかし、施工部処理、清掃、注入、整形作業は、計画通り順調に作業ができた。

以上の聞き取り結果を踏まえて、Uカット、ストレートともに『△』評価とした。

クイックスティックは、大規模な仮設や準備の必要は無い。全ての作業を計画どおり順調におこなえた。

さらに、試験施工時も、複雑な手順が無く、作業が順調にできたと聞いていたことから、Uカット、ストレー

とともに『○』評価とした。

RC常温メンテも、クイックスティック同様に、大規模な仮設や準備の必要は無く、作業が順調にできた。

ただし、現地作業は、液ダレを防止するため、少量の材料を繰り返し注入して硬化を待つ必要があった。

結果として、作業時間がクイックスティックと比べて時間を要したことから『○』評価とした。

なお、『×』評価は、斜面での作業ができない場合とした。

(3) 作業時間

作業の記録から、試験施工に要した10m当たりの作業時間（準備を除く）を算出した（図-5）。

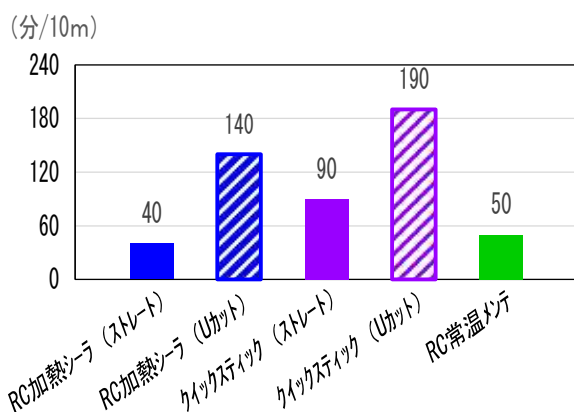


図-5 施工時間

RC加熱シーラ（ストレート）とRC常温メンテは、10m当たりの作業時間が60分以内と他の工法と比べて大幅に短かったことから『○』評価とした。

クイックスティック（Uカット）は、10m当たり作業時間が、他工法と比べて長く、180分を超えたため『△』評価とした。

RC加熱シーラ（Uカット）とクイックスティック（ストレート）は、10m当たり作業時間が140分、90分と中間付近であったことから『○』評価とした。

作業に時間を要した要因は、以下のとおりである。

Uカットを施すと溝に沿って補修材が流出するため、補修剤の補充と不陸整形を繰り返す必要があった。これにより、作業に多大な時間を要した。

一方、クイックスティックは、補修剤をガスバーナーで溶かして、固体から液状にするのに時間を要した。

なお、『×』評価は、注入材料が流れだし作業が完了しない場合とした。

(4) 施工費

作業時間（準備を除く）、人工、使用機器等を整理して、1m当たり施工費を算出した（図-6）。

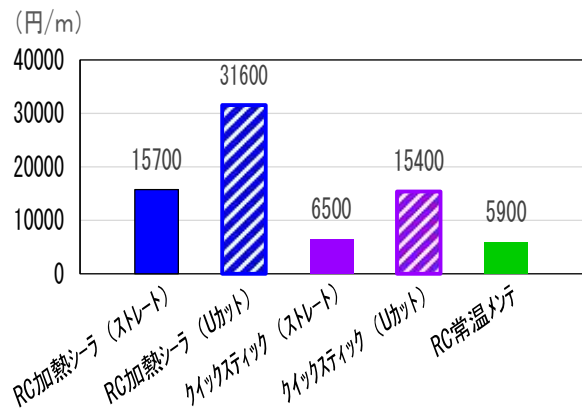


図-6 施工費

クイックスティック（ストレート）およびRC常温メンテは、1m当たり施工費が1万円以下で他の工法と比べて半分以下の施工費で安価なことから『○』評価とした。

RC加熱シーラ（Uカット）は、1m当たり施工費が嵩み3万円を超えるため『△』評価とした。

RC加熱シーラ（ストレート）およびクイックスティック（Uカット）は、1m当たりの施工費が約1万5千円程度と中間であったため『○』評価とした。

施工費が高んだ要因は、以下のとおりである。

RC加熱シーラは、溶解炉の準備費や仮設に人工が嵩んだため、施工費が高額になった。

それに対して、クイックスティックとRC常温メンテは、溶解炉などの機器を使用しないため、準備に費用を要しなかった。

一方、Uカットを施した場合には、補修剤の補充と整形との繰り返しの作業が避けられず時間を要し、施工費が2倍程度に嵩むこととなった。

また、作業時間が最も短いRC常温メンテは、1m当たりの施工費が最も安価な5,900円になった。

施工費については、それぞれの工法が、定量的に評価できたことから『×』評価の設定をしていない。

(5) 施設管理者による補修の施工性

試験施工の状況を、施設管理者が確認した結果から作業性について聞き取り調査をおこなった。

聞き取りの結果から、施設管理者による補修の施工性を評価した。

RC加熱シーラは、溶解炉設置や仮設にクレーンが必要になり、建設業許可がある会社に工事発注する必要がある、施設管理者の直営施工や維持管理を委託している工務店では困難であるとの結果から『×』評価とした。

クイックスティックとRC常温メンテは、維持管理を委託する工務店との協働作業により補修作業ができるとの結果を得た。

ただし、クイックスティック作業は5人（天端作業員2人、斜面部作業員3人）、RC常温メンテは4人（天端作

業員2人、斜面部作業員2人）の人員が必要となる。必要な人員の違いから、クイックスティックは『○』評価、RC常温メンテは『◎』評価とした。

5. 試験施工の評価

5項目の評価結果から、今回の試験施工の総合的な評価を行った。◎＝3点、○＝2点、△＝1点、×＝0点として集計表（表-4）およびレーダーチャート（図-7）による比較を行った。

RC加熱シーラは、他の工法に比べ、溶解炉等の準備が必要となる。そのため、「作業性」「施設管理者による補修の施工性」の評価が低い。

クイックスティックは、「施工時間」「施設管理者による補修の施工性」が劣る評価であったが、「作業性」に優れている。Uカットを施すと、Uカットを施さない施工より総合点数で1点劣る結果となったが、「目視調査」の評価が高い。

RC常温メンテは、作業時間や施工費、作業のしやすさの点で最も優れている。

だが、「目視調査」は他の工法より劣る評価となった。

今回の試験施工の結果から、クイックスティック（ストレート及びUカット）とRC常温メンテがほぼ同じ点数であり、簡易補修に適することがわかった。

＜総合評価＞

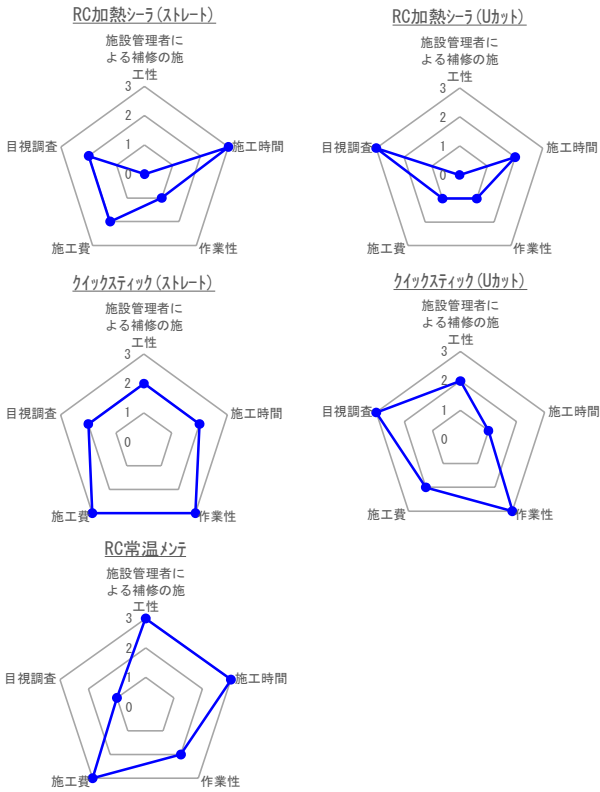


図-7 総合評価（レーダーチャート）

※◎＝3点、○＝2点、△＝1点、×＝0点

表-4 5項目の評価集計表

評価項目	RC加熱シーラ (ストレート)	RC加熱シーラ (Uカット)	クイックスティック (ストレート)	クイックスティック (Uカット)	RC常温メンテ
1. 目視調査	○	◎	○	◎	△
2. 作業性	△	△	◎	◎	○
3. 施工時間	◎	○	○	△	◎
4. 施工費	○	△	◎	○	◎
5. 施設管理者による補修の施工性	×	×	○	○	◎
6. 点数	8	7	12	11	12

6. おわりに

今後は、現地試験施工の評価に加え、供試体試験（直接引っ張り試験、繰り返し曲げ疲労試験）の結果と次年度以降の3カ年のモニタリング調査（表-5）に基づいて、アスファルト表面遮水壁のひび割れ補修に適した工法と材料の適用性を評価したいと考えている。

表-5 モニタリング調査項目

調査項目	調査の視点
目視確認	・アスファルト混合部と密着しているか ・補修剤にひび割れが発生していないか
触診	・補修剤が弾性を有しているか
定点（鉋間）の計測	・ひび割れ幅に変化が生じていないか
ひび割れ延長の計測	・ひび割れの進展が見られないか

参考文献

- 1)一般財団法人日本ダム協会：ダム便覧、一覧表〔アスファルトフェイシングフィルダム〕、damnet.or.jp/cgi-bin/binranA/TableAllItiran.cgi?zi=iti&kei=FA&jy=kana（参照2021年11月30日）
- 2)公益社団法人土木学会：舗装工学ライブラリー8 アスファルト遮水壁工、pp.179～182、201
- 3)公益社団法人日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 -2013-、p.129、2013