

けい酸塩系表面含浸材の水掛かり・ひび割れ部への適用性

加圧透水性試験・ひび割れ透水性試験

■けい酸塩系表面含浸材の水掛かり・ひび割れ部への適用性

【けい酸塩系表面含浸材】は水掛かり・ひび割れ部への適用性が高い材料です
加圧透水性試験・ひび割れ透水性試験で効果を確認している材料をお役立てください

表1 水掛かり・ひび割れ部への【けい酸塩系表面含浸材】適用について

項目	水掛かり（水が滞留する箇所）	ひび割れ部
構造物への影響	水の作用が、劣化の発生や進行を助長する場合がある	ひび割れが、劣化因子の侵入口となり劣化を加速させる要因となる
改質機構 (メカニズム)	コンクリート表層部の微細な空隙や0.2 mm 以下のひび割れを充填し緻密化するので、水圧環境下での劣化因子の侵入抑制を期待できる。	コンクリート表層部の微細な空隙や0.2 mm 以下のひび割れを充填し緻密化するので、ひび割れの部からの劣化因子の侵入抑制を期待できる。
試験項目 (JSCE-K 572)	加圧透水性試験	ひび割れ透水性試験

【けい酸塩系表面含浸材】で予防保全的に水掛かり・ひび割れ部の対策を行うことで、コンクリート構造物の長寿命化が期待できます。コンクリート表層部を緻密化し改質するという“唯一無二”の特徴が、水圧環境下での改質効果発揮や、0.2 mm 以下のひび割れの閉塞を可能にしています。

0.2 mm 以下のひび割れは本来補修対象とされていませんが、0.2 mm 以上のひび割れ補修工事と同時に、ひび割れ周辺部に【けい酸塩系表面含浸材】を塗布することで、潜在的な補修対象の0.2 mm 以下のひび割れを閉塞できライフサイクルコストの低減が期待できます。

既設コンクリート構造物には【固化型けい酸塩系表面含浸材】、新設コンクリート構造物には【反応型けい酸塩系表面含浸材】をそれぞれ使い分けてインフラ長寿命化にお役立てください。

■水掛かり（水が滞留する箇所）

水の作用がコンクリート構造物の劣化の発生や進行を助長する場合があります
【けい酸塩系表面含浸材】は、水掛かりへの適用性が高い材料です

近年水掛かりに対する意識が高まっています。

土木学会「2022年制定コンクリート標準示方書〔維持管理編〕」では、1編「劣化機構」3章のタイトルを「中性化」から「中性化と水の浸透に伴う鋼材腐食」に改めています。

□構造物の水掛かりの例

桁受け部・電架柱受けはり部・高欄地覆部、張出しスラブ・床版ひび割れ部
橋台の桁受け部・トンネル坑口・カルバートボックスの側面

□加圧透水性試験【土木学会規準 JSCE-K 572】

【けい酸塩系表面含浸材】の水圧環境下での有効性の確認試験です。

【シラン系表面含浸材】の試験方法 JSCE-K 571 に規定されていない、【けい酸塩系表面含浸材】独自の試験項目です。

設備を保有している機関が限られている試験です。

当社は（一財）建材試験センターに委託。

【試験方法】

試験体を透水試験用圧力容器に設置し、透水試験用圧力容器の上部の空間に水を注入し、窒素ガスを用いて水圧 0.5 MPa を 48 時間加圧します。48 時間経過後試験体を割裂し、水の浸透深さを無塗布試験体と塗布試験体で比較します。



写真1 加圧透水性試験状況-1



写真2 加圧透水性試験状況-2



写真3 水の浸透状況（無塗布）



写真4 水の浸透状況（反応型）



写真5 水の浸透状況（無塗布）



写真6 水の浸透状況（固化型）

水の浸透深さが、【けい酸塩系表面含浸材】を塗布することにより浅くなっており、水圧環境下で有効なこと（水掛かりで有効なこと）を示しています。

■ひび割れ部

【けい酸塩系表面含浸材】は、ひび割れ部への適用性が高い材料です

「コンクリートの変状は、そのほとんどがひび割れから始まる。」

出典：国立研究開発法人土木研究所.コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル 2022 年版.2022 年.1-18.2.3 補修工法の種類より

□ひび割れ透水性試験【土木学会規準 JSCE-K 572】

【けい酸塩系表面含浸材】のひび割れ閉塞性の確認試験です。

【シラン系表面含浸材】の試験方法 JSCE-K 571 に規定されていない、【けい酸塩系表面含浸材】独自の試験項目です。

【試験方法】

手順 1. 0.2 mm 以下のひび割れの導入

原状試験体を VU 管に挿入し、底面および隙間をエポキシ樹脂で充填し、50 mm の長さに切り出し、載荷試験機を用いて載荷し 0.2 mm 以下の貫通するひび割れを導入します。

手順 2. 【けい酸塩系表面含浸材】塗布

ひび割れを導入した試験体に【けい酸塩系表面含浸材】を塗布します。
(加圧する側の反対面に塗布)

手順 3. 水頭圧 1 m を作用させての透水量試験

水頭圧 1 m を作用させることができる試験装置を用いて、14 日間透水量試験を行い、透水量を無塗布試験体と塗布試験体で比較します。



写真7 ひび割れ透水性試験状況-1



写真8 ひび割れ透水性試験状況-2

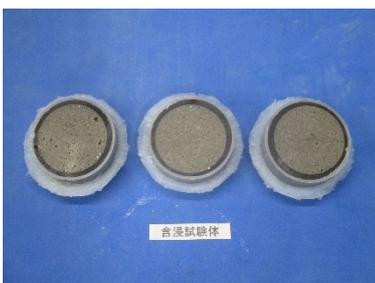


写真9 試験体のひび割れ状況

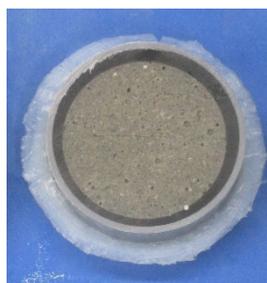


写真10 試験体のひび割れ状況 (拡大)

□ひび割れ透水性試験結果の比較

土木学会「けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）」より

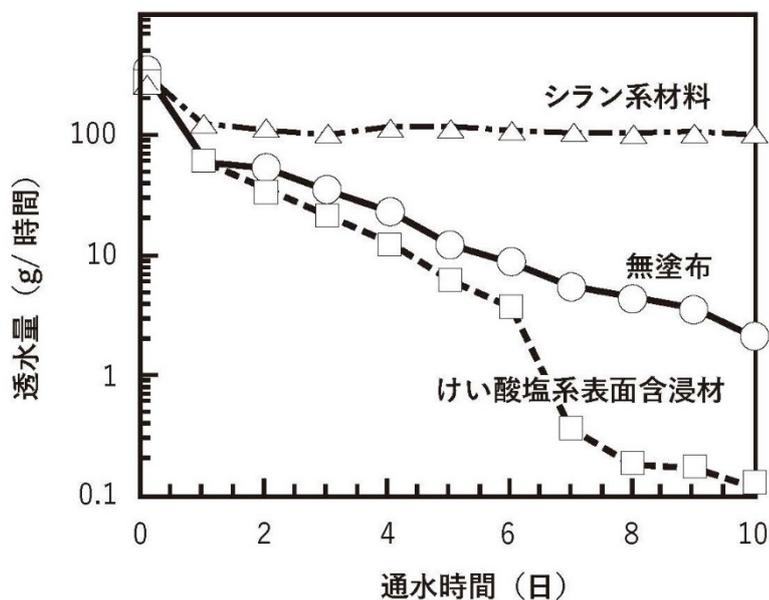


図1 ひび割れ透水性試験結果の例（土木学会 CL137 号より）

出典：土木学会.けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案）.2012年 113 頁.

解説 f）ひび割れ透水性試験について図 17 測定結果の例より

【けい酸塩系表面含浸材】は、透水量が【無塗布】よりも大幅に減少しており、ひび割れの閉塞性があること、ひび割れ部に有効なことを示しています。

【シラン系表面含浸材】は、透水量が【無塗布】よりも多く、悪化しており、ひび割れ部に有効でないことを示しています。

■農林水産省「農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路編】」より

表2 表面含浸材の概要（農林水産省マニュアルより）

工法の適用による効果	効果を発揮する機構		材料		適用不可となる条件	備考	
劣化因子の侵入抑制	コンクリートの緻密化	コンクリート中の水酸化カルシウムとの反応によるC-S-Hゲルの生成及び主成分の乾燥固化によるコンクリート空隙構造の緻密化	けい酸塩系	反応型 主成分： けい酸ナトリウム けい酸カリウム	含浸材が浸透しない様な緻密なコンクリート等	中性化が進行し水酸化カルシウムと反応しない領域	湿潤養生
	表面撥水性の付与	コンクリート表面への疎水基の形成		シリラン系		—	—
侵入した劣化因子に対する劣化反応抑制等	鉄筋不動態被膜再生及びASRゲルの非膨張化	亜硝酸イオン及びリチウムイオンによる作用	その他	亜硝酸リチウム系含浸材等	工法毎にメーカーへ確認	⇒9(5) 参考工法 シリラン系 参照	—

出典：農林水産省.農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路編】.2023年.235頁.表 9.1-1 表面含浸材の概要（けい酸塩系以外も含む）より

開水路 = 水と接するコンクリート構造物

農林水産省の開水路補修マニュアルは、けい酸塩系表面含浸工法を対象としています。

【シリラン系表面含浸材】が適用不可となる条件として「接水部」が規定されています。

■北海道開発局「道路設計要領」より

3.シラン系表面含浸材

3.1 適用範囲

- 1) 当面は新設および打換えられた直後の部材への適用を標準とする。
- 2) 水中に常時浸かる部材への適用はできるだけ避ける。

【解説】

1)について

表面被覆および表面改質技術研究小委員会報告書によると、シラン系に期待される効果は、表1のように整理されている[3]。これによると、新設では効果が概ね期待される見解が示されている。既設は劣化が著しい構造物への適用は困難で、劣化の程度によっては効果が期待される場合もあるようだが、データは未だ少ない。このことから、当面は新設構造物および打換えられた直後の部材への適用を標準とした。

表1 期待される効果

種別	新設	既設	
		ひびわれ発生前	ひびわれ発生後
塩害	◎	◎～○ ¹⁾	△～× ²⁾
凍害	○～△ ³⁾	○～× ⁴⁾	△～× ⁴⁾
【凡例および備考】 ◎：効果が高い ○：効果が期待できる △：効果を期待するのは困難な場合がある ×：効果が期待できない 1) 内在塩分量によって効果が異なる 2) 既に腐食が開始している場合は期待できない 3) 水分供給条件が厳しい環境では効果が小さい 4) 損傷の程度によっては効果が小さい			

2)について

コンクリートの空隙は充填されないことから、水が強制的に圧入されるような環境下では、期待する効果が得られない場合がある。このため、適用はできるだけ避ける。

出典：北海道開発局.道路設計要領 第3集 橋梁 第2編 コンクリート橋 参考資料 B.道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項.2023年.3-3 B-5.3.シラン系表面含浸材より

5.3 橋座面

けい酸塩系の製品が望ましい。

【解説】

橋座面は水分が滞留しやすい部位であるため、シラン系の適用は基本的には厳しい。けい酸塩系は改質の速度は緩慢ではあるが、水分の滞留は組織のち密化にプラスの効果をもたらす。橋座面は人目につきにくい部位であるので美観が問題視されるケースは少ない場合が多い。しかしながら、凍害の進行（発生ではない）による断面欠損は抑制すべきである。このことから、けい酸塩系が望ましいと言える。

出典：北海道開発局.道路設計要領 第3集 橋梁 第2編 コンクリート橋 参考資料 B.道路橋での表面含浸材の適用にあたっての留意事項.2023年.3-3 B-18.5.各部材への施工より

【けい酸塩系表面含浸材】について、水分が滞留しやすい部位への適用性があるとしています。具体的な適用箇所として橋座面が例示されています。

【シラン系表面含浸材】について、水が強制的に圧入されるような環境下での使用を避けること、ひび割れ発生後には「効果を期待するのは困難な場合がある」あるいは「効果が期待できない」、「損傷の程度によっては効果が小さい」と案内があります。具体的な適用箇所として地覆・剛性防護柵、主桁が例示されています。

■まとめ

【けい酸塩系表面含浸材】は水掛かり・ひび割れ部への適用性が高い材料です

水掛かり・ひび割れ部への表面含浸材の適用を検討する際は、加圧透水性試験、ひび割れ透水性試験で効果を確認している【けい酸塩系表面含浸材】をお役立てください。

当然のことですが、けい酸アルカリ金属塩を成分に含んでも、成分の配合や塗布量によって改質効果に差が生じるので加圧透水性試験、ひび割れ透水性試験結果を考慮して材料を選定する必要があります。

既設コンクリート構造物には【固化型けい酸塩系表面含浸材】、新設コンクリート構造物には【反応型けい酸塩系表面含浸材】をそれぞれ使い分けてインフラ長寿命化にお役立てください。

以上