

舗装用コンクリートのセルフヒーリング性能付与に関する基礎的検討

日本道路（株） 関西技術センター 正会員 ○川畑 敦馬
日本道路（株） 技術研究所 正会員 藤井 洋志
小堀産業（株） 非会員 岩本 剛

1. はじめに

高度経済成長期に建設した膨大なインフラの維持管理は重要な社会課題であり、持続可能な社会の実現に向け、インフラ構造物の維持管理コスト低減を図る必要がある¹⁾。道路分野では、長寿命化の観点からコンクリート舗装に対する期待が高まっている。しかし、コンクリート舗装の維持管理においては熟練技術者の不足や工法選択の体系的整理などが課題と考えられている²⁾。これらについて、ひび割れが発生した初期段階においてコンクリート版自体が自己治癒（以下、セルフヒーリング）できれば、道路管理者の負担軽減が期待できる。そこで、経済性や施工性に優れ、コンクリート構造物の微細なひび割れの封かんや劣化抑制への有効性が報告されている表面含浸工法³⁾を舗装用コンクリートに応用することで、ひび割れ発生前の予防的維持や軽微なひび割れが発生した舗装版への機能的対策工法としての適用可能性を評価した。本文では、コンクリート舗装用けい酸塩系表面含浸材（以下、開発品）のセルフヒーリング性能およびコンクリート舗装路面への影響について検討した結果を報告する。

2. 開発品の概要

本検討で用いた開発品は、新設もしくは既設コンクリート版に散布することで、セルフヒーリング効果の付与を可能とするよう材料を設計したものである。開発品の分類を図-1に示す。開発品は、「けい酸塩混合型」に分類され、新設・既設ともに対応できるように配合や濃度を調整している。開発品の主成分はコンクリートへの含浸、乾燥後に雨水等の水分が供給される都度、コンクリート中の水酸化カルシウムと反応し、可溶性のC-S-Hゲルを生成するためひび割れの発生や進展に追従したセルフヒーリング効果が期待できる。他方で、乾燥過程で難溶性の乾燥固化物も生成するため、トンネル内など水分が供給されにくい場所でのひび割れ封かんが期待できる。各成分によるひび割れ封かんメカニズムを図-2に示す。

3. セルフヒーリング性能と舗装への適用性検討

検討項目を表-1に示す。本検討では、開発品のセルフヒーリング性能と路面に残留した開発品がすべり抵抗性に及ぼす影響について検討した。セルフヒーリング性能については、一般にコンクリート構造物に使用されている表面含浸材（以下、市販品）との比較により評価し、実際の現場で採取した舗装用コンクリートで供試体を作製し、室内にて試験を実施した。

3-1. セルフヒーリング性能

開発品のセルフヒーリング性能を確認するため、難溶性生成物とC-S-Hゲルの生成について検討し、難溶性生成物（乾燥固形分）の量は乾燥固形分率試験により確認した。結果を図-3に示す。開発品に含まれる乾燥固形分の割合は29.3%であり、市販品（23.3%）よりも25%程度、一般的な製品（20.0%）よりも50%程度多いことが分かった。また、開発品の水酸化カルシウムとの反応性およびC-S-Hゲルの生成を確認するため、反応性



図-1 表面含浸材の分類

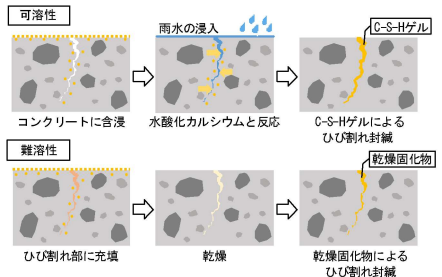


図-2 ひび割れ封緘メカニズム

表-1 検討項目

分類	評価項目	評価方法	試験法
セルフヒーリング性能	乾燥固形分量	乾燥固形分率試験	JSCE K572
	CaOHとの反応性	反応性試験	JSCE K572
	ひび割れ封緘性能	表面目視観察	—
	遮水性	ひび割れ透水試験	JSCE K572
路面への影響評価	すべり抵抗性	すべり抵抗試験	舗装調査・試験法便覧

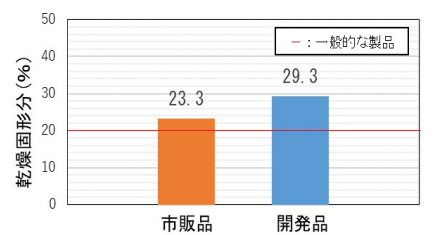


図-3 乾燥固形分の比較

キーワード：セルフヒーリング、維持管理、メンテナンスフリー、ひび割れ、コンクリート舗装

連絡先：〒569-0045 大阪府高槻市西大樋町 2-1 Tel：072-671-2492

試験を実施した。試験 14 日目の状況を写真-1 に示す。セメントペースト硬化体に開発品を加えたシリンダーが最も白濁しており、セメントペースト硬化体の周りにゲル状の生成物が確認された。これらの結果から、開発品を用いることで、コンクリート版に生じるひび割れの封かん、セルフヒーリング性能の付与が期待できる。

3-2. セルフヒーリング効果

予防的維持工法としての適用を想定して、ひび割れのない供試体に含浸材を散布し、その後ひび割れを導入した。ひび割れは幅 0.2mm 以下の貫通ひび割れとして、ひび割れ部の状態をマイクロスコブにより観察した。養生条件は、気中養生および実環境を想定して湿空・水中・気中を 7 日サイクルで繰返した方法（以下、サイクル養生）とした。観察結果を図-4 に示す。サイクル養生では、開発品・市販品ともにひび割れが封かんしたが、気中養生では開発品を散布した供試体のみひび割れが封かんする結果となった。また、すでに軽微なひび割れが発生している舗装版への効果を確認するため、ひび割れを導入した供試体に含浸材を散布して 7 日おきにひび割れ透水試験を行った結果を図-5 に示す。開発品、市販品どちらもサイクル養生での透水量は 7 日で 0ℓ/day となった。一方、気中養生ではどちらも 28 日では透水量が 0ℓ/day とはならなかったものの、開発品の透水量は 7 日で 19.5ℓ/day、28 日で 6.6ℓ/day となり、市販品に比べて 7 日で 60%程度、28 日で 50%程度透水量が低くなり、有意差が認められた。

3-3. 路面のすべり抵抗性

開発品および市販品散布後のすべり抵抗性の推移を図-6 に示す。市販品の BPN は、散布後いずれのタイミングでも車道の規格値（BPN60 以上）を満足していた。一方、開発品の BPN は散布後 50 程度まで低下し、1.5 時間以降で市販品と同様に 60 以上に回復した。開発品は、市販品に比べて多くの C-S-H ゲルが生成することで、路面のすべり抵抗値が一時的に低下したものと考えられる。

4. まとめ

開発品のひび割れセルフヒーリング性能と舗装への適用性について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 開発品は、配合調整により水分供給の有無にかかわらず 28 日でひび割れを封かんし、ひび割れから水が浸入するのを抑制する効果が期待できる。
- 2) ひび割れ発生前後いずれのタイミングで散布しても、幅 0.2mm 以下のひび割れを封かんする効果があり、セルフヒーリング性能付与が期待できる。
- 3) 開発品は散布後一時的に BPN が低下するが、約 1.5 時間で BPN60 以上に回復する。

5. おわりに

舗装コンクリート供試体でのひび割れに対するセルフヒーリング性能を室内試験にて確認した。今後、開発品で対応可能なひび割れ幅の検討や、屋外環境での適用性評価など現場適用に向けた検討を行う予定である。

【参考文献】1) 国土交通省：国土交通省白書 2020, P. 141_P. 148

2) 山本謙：コンクリート舗装の普及に向けた取り組みについて、（一社）セメント協会開発普及委員会資料，2020

3) （公社）土木学会：けい酸塩系表面含浸工法の設計施工指針（案），P. 1



写真-1 反応性試験 14 日後

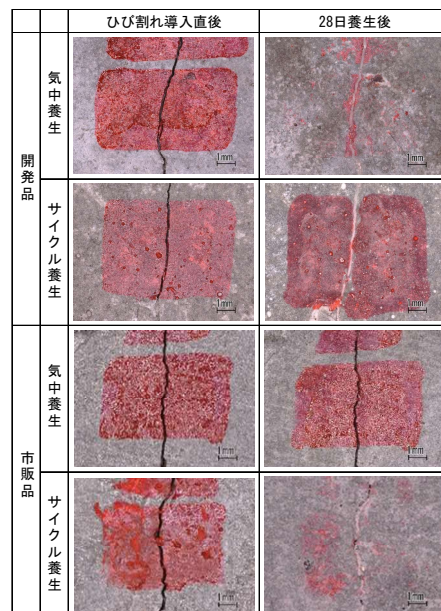


図-4 ひび割れ封緘状況

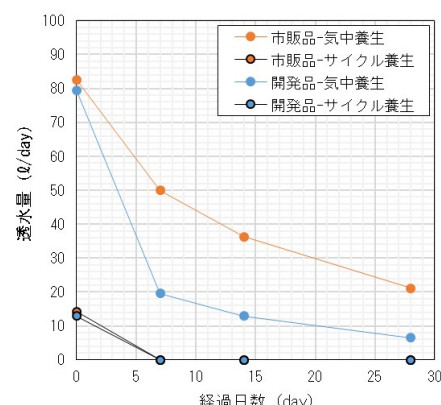


図-5 透水量の推移

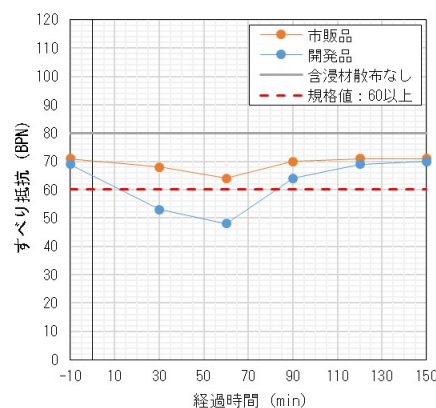


図-6 すべり抵抗値の推移