

低温浸透性・硬化性に優れたクラック補修材の開発

前田道路(株) 技術研究所 ○高 謙
 同上 江向 俊文
 前田道路(株) 技術本部 山川 一宏

1. はじめに

わが国の道路舗装を取り巻く社会情勢は、維持修繕ストックが増大する一方で、財政的制約の高まり等から、効率かつ効果的な維持・補修工法が望まれている。また、平成 28 年 10 月に国土交通省から「舗装点検要領」が定められ、舗装の長寿命化とライフサイクルコストの低減を図る方向性が示された。このような背景から、今後の舗装整備には表層機能の持続性とその延命化が求められている。延命化対策の一つとして、舗装表面に発生したひび割れをクラック補修材で充填することにより、舗装体内へ雨水等の浸透を防ぐことで、舗装の構造的な強度の低下を遅延させることが期待できる。

そこで、筆者らは、活性水素を有する化合物を含有する炭化水素混合物からなる主剤と樹脂成分を含有する混合物からなる硬化剤を考案し、常温で二液混合することにより、早期に硬化する既設舗装ひび割れ補修材（以下、開発品）を開発した。

本文では、開発品の室内試験結果および試験施工実施例について報告する。

2. 開発品の概要

開発品は、活性水素を有する化合物を主成分とする主剤と樹脂成分を含有する混合物を主成分とする硬化剤から構成されている。施工時に主剤と硬化剤を所定の割合で混合して、10 秒程度振り混ぜた後、既設舗装のひび割れに注入する。写真-1 に示すように開発品は常温施工方式の補修材（主剤 300g、硬化剤 50g）であり、主剤容器の注入口はネジ蓋式キャップを使用しているため、簡単に施工できる。



写真-1 開発品の外観

3. 開発品の基本性状および室内評価

3. 1. 基本性状

表-1 開発品の基本性状

開発品の基本物理性状は表-1 に示すとおりである。開発品 1 と開発品 2 の初期貫入量および復元率は舗装設計施工指針「加熱施工式注入材高弾性タイプの規格値」を満足している。

また、低温時(-40℃)の曲げ破断ひずみにおいて、開発品 1 は 49.2 で、加熱施工式注入材の 6 倍以上で

試験項目		開発品1	開発品2	
硬化前性状	固形分 質量%	68	68	
	比重(25℃)	1.019	1.019	
	粘度(25℃) mPa·s	160	160	
硬化後性状	円錐針入度(25℃) mm	8	8	
	軟化点 °C	130+	106	
	弾性(球針)	初期貫入量(25℃) mm	0.8	0.9
		復元率(25℃) %	65	63
	曲げ破断ひずみ(-40℃)×10 ⁻³	49.2	167.1	

ある。開発品 2 は 167.1 で、加熱施工式注入材の 20 倍以上である。この結果から、開発品の低温時のたわみ追従性は非常に優れているといえる。

3. 2. 浸透性

クラック補修材は、ひび割れの表面だけではなく、ひび割れの深部まで入り込み、長期にわたり雨水等の侵入を防止しなければならない。また、舗装のひび割れは寒冷期に発生することが多く、実際の補修現場においては、氷点下の施工が考えられる。そのため、舗装体の全層のひび割れ部に浸透できる性能を確保することが必要である。

開発品の主剤の粘度は $160\text{mPa}\cdot\text{s}$ (25°C) であり、舗装体の深部または全層のひび割れ部に浸透できる絶妙な粘度を確保した。浸透性能を確認するため、舗装調査・試験法便覧[第3分冊]「注入材の浸透性試験方法」に準拠して、従来の加熱施工式注入材との比較を行った。

アクリル板で幅が 3mm の仮想クラックを作製して、クラック補修材を流し込むことで、開発品と加熱施工式注入材の浸透深さを確認した。浸透深さの結果は図-1 に示すとおりである。 $-10^\circ\text{C}\sim 10^\circ\text{C}$ の低温域では、加熱施工式注入材の浸透深さは $1\sim 2\text{cm}$ 程度で、開発品の浸透深さはいずれも 60cm 程度である。以上の検証結果から、開発品の浸透性能は従来の加熱施工式注入材よりはるかに優れており、かつ舗装体の温度の影響を受けにくいといえる。

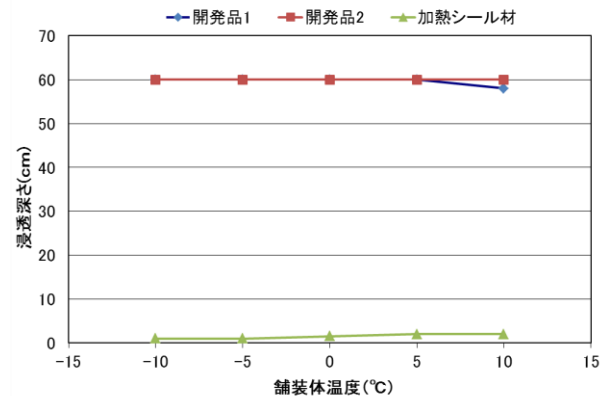


図-1 舗装体温度と浸透深さの関係

3. 3. 可使用時間および硬化時間

クラック補修は緊急の場合が多く、常温でストック・施工が可能で、かつ所要の作業時間を確保しつつ、早期交通解放が要求されている。開発品の可使用時間は 10 分程度である。硬化時間は図-2 に示すとおりである。冬季を想定した 5°C の環境下においても、開発品1については、 60 分程度で交通解放が可能である。また、外気温に応じて、硬化剤の添加量を調整することが可能とした。

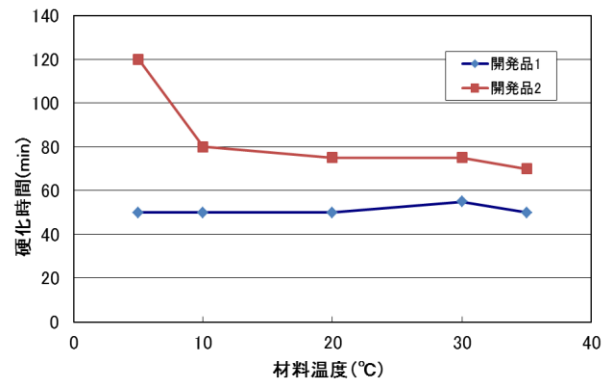


図-2 硬化時間と材料温度の関係

3. 4. 既設舗装との接着性

加熱施工式注入材によるクラック補修後、早期にひび割れが再発することが課題である。ひび割れが再発する原因の一つとして、既設舗装体との付着性、接着性が悪く、クラック補修材が剥がれることで再発することがある。また、雨水等の浸透により、ひび割れ内部は湿潤状態の場合が多く、湿潤面との接着力の確保も重要である。

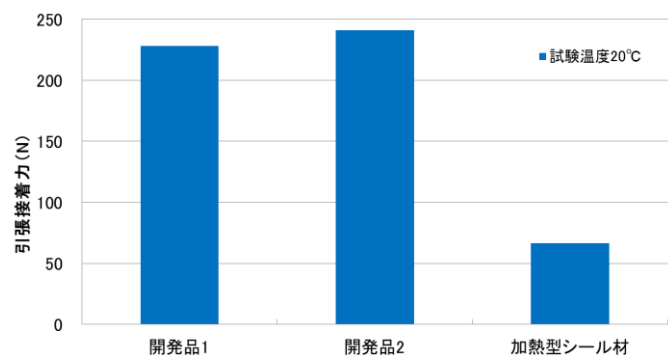


図-3 引張接着試験結果

既設舗装面との接着性を確認するため、舗装調査・試験法便覧[第3分冊]「注入材の引張接着試験方法」に準拠して、加熱施工式注入材との比較を行った。引張接着力試験結果は図-3 に示すとおりである。開発品は舗装面との接着状態が良好で、引張接着力は加熱施工式注入材の 4 倍程度である。以上の結果から、開発品は路面に十分に付着していることと高い接着力が得られていることがいえる。

4. 荷重伝達率の検証および試験施工

4. 1. 荷重伝達率の検証

クラック補修材は、クラックの表面だけではなくひび割れの深部まで入り込み、舗装体内部の舗装面に付着して、既設舗装体を一体化することで、舗装の構造的強度の低下を遅延させることが期待できる。ここで、筆者らは舗装健全度の回復度を提案し、舗装の構造的強度の低下を遅延させることを評価した。舗装健全度の回復度とはクラック補修材による補修前の荷重伝達率と補修後の荷重伝達率の差である。すなわち、クラック補修材による補修後の荷重伝達率の向上率である。舗装体の荷重伝達率を向上することで、舗装健全度の回復度の向上につながったものとする。

厚さ 20 c m のコンクリート版に幅が 3mm のクラックを切り込んで、舗装の維持修繕ガイドブック 2013 「FWD による荷重伝達率の測定方法」に準拠して、49KN の荷重でクラック補修材によるクラック補修前後の舗装体の荷重伝達率を測定した。実施手順は図-4 に示すとおりである。シール材注入状況を写真-2、FWD 測定状況を写真-3 に示す。

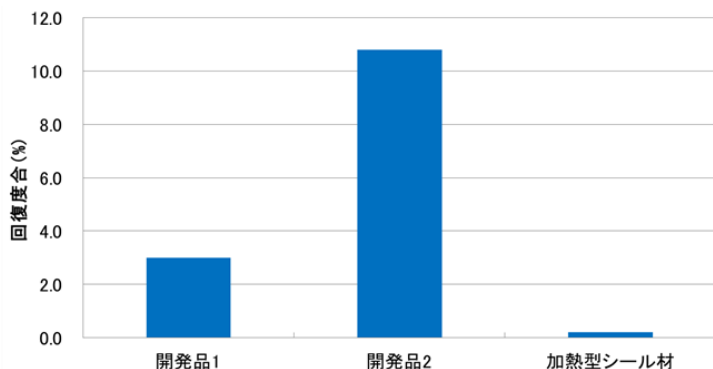


図-5 回復度合

施工 2 週間後の荷重伝達率の向上率 (回復度合) 結果は図-5 に示すとおりである。加熱施工式注入材による補修後の回復度合わずか 0.2% に対して、開発品 1 と 2、それぞれ 3.0% と 10.8% であり、高い回復効果が得られた。これからも硬化物内部の硬化に伴い、さらに高い回復効果が期待できる。

4. 2. ヤンゴン国際空港施工例

平成 30 年 2 月 1 日にミャンマーヤンゴン国際空港のエプロンにおいて、試験施工を行った。現場には幅 5~10mm 程度のクラックが多数点在していた。その中で幅が 10mm 程度で延長 10m のクラックを選定して補修した。現地の気温が 32℃ であり、施工後 1 時間程度で交通解放が可能であった。施工前状況を写真-4、施工状況を写真-5、施工後状況を写真-6 に示す。

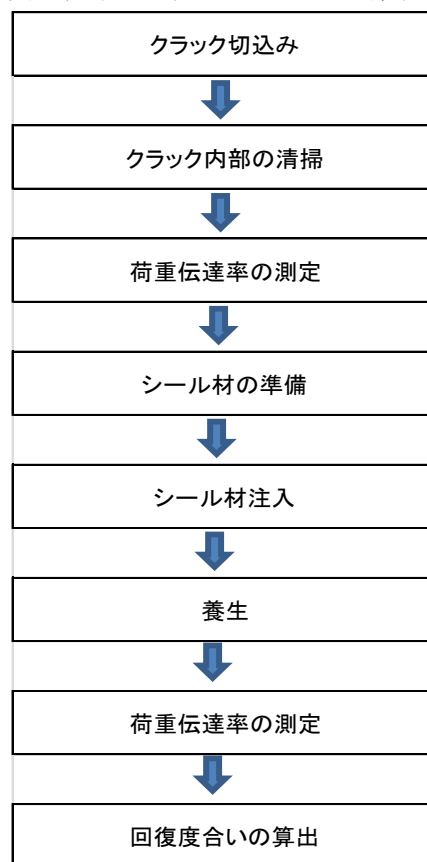


図-4 実施手順



写真-2 シール材注入状況



写真-3 FWD 測定状況

5. まとめ

開発品の室内検討結果および試験施工から得られた知見をまとめて、開発品の長を以下に示す。

- (1) 寒冷期の低温域においても、舗装全層のひび割れ部やクラックの深部まで浸透することが可能で、浸透性に優れている。
- (2) 舗装面との引張接着力は加熱施工式注入材の4倍以上であり、舗装体のひび割れ部との接着性、付着性に優れている。
- (3) 硬化物の曲げ破断ひずみ（ -40°C ）は加熱施工式注入材の6倍以上であるため、舗装体の伸縮に対するたわみ追従性に優れている。
- (4) 特殊機械を使用することなく、常温でストック・施工が可能で、簡単に施工できる。
- (5) 冬季を想定した環境下においても、硬化が早く、1時間程度で交通開放が可能である。

6. おわりに

本文では、開発品の諸性状を加熱施工式注入材と比較する

ことで、優れた浸透性と既設舗装面に対する高い付着性、接着性を備えたたわみ追従性の高いクラック補修材が得られた。また、これらの性能の相乗効果による舗装体の荷重伝達率の向上につながったものと考えられる。すなわち、クラック補修材で補修することで、既設舗装を一体化することにより、舗装体の荷重伝達率を向上することができた。そのため、舗装の構造的強度の低下を遅延させることが期待できると考えられる。さらに、表層破損の初期段階で、クラック補修材で補修することで、予防保全による低コストで維持管理水準の向上にも貢献できると考えられる。

今後、開発品の活用展開を推進し、既設舗装の延命化や全国港湾コンテナヤードのヒアリ対策の一翼を担う製品となることを期待して、道路舗装関係者に提案していくことと考える。

また、さらなる市場ニーズに応える改善・改良に取り込んでいくとともに、多方面の利用やその用途の拡大を図っていく所存である。

【参考文献】

- 1) (公社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧[第3分冊], D012T 注入材の浸透性試験方法, pp. 445-450, 2007. 6.
- 2) (公社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧[第3分冊], D014T 注入材の引張接着試験方法, pp. 450-457, 2007. 6.
- 3) 国土交通省道路局：舗装点検要領, 2016. 10.
- 4) (公社)日本道路協会：舗装の維持修繕ガイドブック 2013, pp. 50, 2013. 11.



写真-4 施工前状況



写真-5 施工状況



写真-6 施工後状況