

# 防水機能を付与した乳剤系表面処理工法の 老朽化した橋面コンクリート舗装への適用事例

愛知県一宮市役所 建設部 黒田 恵三  
明起興業株式会社 土木部 林 祐次  
東亜道路工業（株） 技術研究所 ○ 山本 恭央

## 1. はじめに

高度経済成長期前後にかけて集中的に建設された橋梁のおよそ 20 %は供用後 50 年以上が経過し<sup>1)</sup>、これらの多くは紫外線や降雨などによる経年劣化に加え、交通量の増加や車両の大型化に伴う床版の損傷が深刻となっている。同時期に多く建設された床版上の橋面コンクリート舗装も表層骨材の露出や抜け出しなどの損傷が数多く報告されており<sup>2)</sup>、床版の保全を目的とした舗装の打ち継ぎや打ち換えなどの対策工法が実施されている。

しかし、多大な修繕費を必要とするこれらの対策工法の実施は国道や高速自動車道などの重交通路線に限定され、全国の道路橋保有数の約 90%を占める地方公共団体では<sup>3)</sup>、厳しい財政状況から十分な補修が行き届いていないのが現状である。

平成 28 年 12 月、愛知県一宮市では橋梁の修繕・架替えに係る事業の大規模化及び高コスト化を回避し、ライフサイクルコストの縮減を図り、効率的に橋梁を健全な状態に保つことを目的とした橋梁保全計画を策定した。この供用保全計画の策定後、一宮市では従来の対症療法的な事後保全から致命的損傷に至る前に橋梁の予防保全を行う抜本的な転換へ向けて取り組んでいる。

これらの背景から、近年の厳しい財政状況を踏まえた床版の予防保全として、低コストで長期間供用した橋面コンクリート舗装のさらなる長寿命化を図ることを目的に、防水機能を付与した表面処理工法（以下、表面処理防水工法）を開発し、一宮市から提供された橋面コンクリート舗装上に供した。本論文は表面処理防水工法の開発概要、室内性能評価、実橋での適用事例、そして当該工法の客観的な評価についてまとめたものである。

## 2. 開発概要

修繕段階にある床版上の橋面コンクリート舗装の場合、橋面コンクリート舗装の切削撤去、床版面の研掃、専用プライマーの塗布、そして表基層の打設の工程が必要となるため、交通規制に多くの日数と多大な修繕費を要することに加え、修繕痕による新たな損傷の発生が懸念される。このようなことを避けるために、修繕段階前、すなわち補修段階における橋面コンクリート舗装の措置は非常に重要である。これらの措置にはシーリング工法やパッチング工法などがあるが、橋面舗装の場合、加えて防水性と補修後のメンテナンス性も要求される。

これらのことを鑑み、即日交通開放が可能かつ保全費が安価となるように、橋面コンクリート舗装上に所定の防水性を有する防水層と施工厚数 mm 程度の乳剤系表面処理層を組み合わせた表面処理防水工法を開発することとした。

表-1 に従前の修繕方法と比較した開発する表面処理防水工法の方向性を示す。

具体的な開発目標を以下に列挙する。

- ① 保全費が安価であること
- ② 即日交通開放できること
- ③ 加熱操作を必要とせず、熟練度がなくとも、汎用性に富んだ道具を用いて確実な防水システムが構築できること
- ④ 適用先は軽交通路線に限定するが、10年程度は設定した要求性能を満足し続けること

### 3. 使用材料

#### 3.1 接着防水材

ひび割れへの浸透性に優れ、ダスト介在による接着不良を防止し、既設橋面コンクリート舗装と乳剤系表面処理材を強固に接着させる特殊アクリル樹脂をプライマー兼防水材（以下、接着防水材）に用いた。表-2 に接着防水材の一般的性状を示す。

ひび割れ含浸深さは 29 mm のため<sup>4)</sup>、供用により発生したマイクロクラックにも十分に浸透する。また、引張せん断接着強さは 14 N/mm<sup>2</sup> と高く、優れた硬化物の引張強さを発揮するため、プライマーとしての優れた接着性も有する。

#### 3.2 乳剤系表面処理材

ノニオン系改質アスファルト乳剤と最適に配合された粉体を組み合わせた常温硬化型スラリー状乳剤モルタル（以下、CAM）を乳剤系表面処理材に用いた。CAM はハンドミキサーやゴムレーキなどの汎用器具のみで簡単に施工でき、敷きならし後の転圧も不要である。表-3 に CAM の一般的性状を示す。

CAM の動摩擦係数（ $\mu_{80}$ ）とすべり抵抗値（BPN）はそれぞれ 0.70 と 61 であり、十分なすべり抵抗性を有している<sup>5)</sup>。また、ウェットトラック摩耗試験から得られた CAM の摩耗量は、水浸 1 時間および 8 時間養生のどちらも、（一社）日本アスファルト乳剤協会が定める規格を十分に満足しており、優れた摩耗抵抗性も有する<sup>6)</sup>。

表-1 開発する表面処理防水工法の方向性

項目	従前の修繕方法	開発する方向性 (表面処理防水工法)
適用路線	生活道路から重交通路線	軽交通量路線に限定
床版防水システム	防水層	塗膜やシート系
	舗装	As 混合物を用いた基層+表層
要求性能	防水性、補修面と防水層との接着性、はがれ・膨れ抵抗性、ひび割れ浸透性など	
1 m <sup>2</sup> 当たりの保全費	¥ 19,807 <sup>2)</sup>	¥ 5,723
推定施工日数 (300m <sup>2</sup> の場合)	4-6 日	1 日
施工厚	4-8 cm	1 cm 程度
施工用具や施工機械など	特殊な溶融窯や施工機械	
工程	①橋面コンクリート舗装の切削撤去 ②床版面の研削 ③床版防水層の設置 ④As 舗装の打設	①舗装面の清掃 ②防水材の塗布 ③表面処理工法の施工
施工の容易さおよび安全性	防水工は熟練度を要し、加熱操作に伴うやけどなどのリスクがある。	常温施工のため安全であり、熟練度を必要としない。

表-2 接着防水材の一般的性状

試験項目	試験値	社内規格	試験方法
液比重	g/cm <sup>3</sup>	1.035	-
粘度 (5°C)	mPa・s	500	-
硬化時間 (20°C)	min	44	-
ひび割れ含浸深さ	mm	29	20 以上
ひび割れ含浸曲げ強度	N/mm <sup>2</sup>	2.2	2.0 以上
引張せん断接着強さ	N/mm <sup>2</sup>	14	10 以上
硬化物の引張強さ	N/mm <sup>2</sup>	10	8 以上
硬化物の引張伸び	%	5	10 以下

表-3 CAM の一般的性状

試験項目	試験値	規格	試験方法		
乳剤	加熱残留分	%	50.4	48.0 ~ 55.0	JIS K 5601-1-2
	粘度	mPa・s	25.6	15.0 ~ 35.0	JIS K 7117-1
	pH		7.3	6.0 ~ 8.0	-
粉体	1.18 mm ふるい	%	合格	塊がないこと	-
混合物	フロー値	s	48	40 ~ 70	P ロート JSCE-F 521
	動的摩擦係数	$\mu_{80}$	0.70 <sup>注1)</sup>	0.48 以上	舗装調査・試験法便覧 S021-3
	すべり抵抗値	BPN	61 <sup>注2)</sup>	60 以上	舗装調査・試験法便覧 S021-2
	摩耗量	mg/m <sup>2</sup>	76 <sup>注3)</sup>	540 以下	舗装調査・試験法便覧 D003T
			87 <sup>注4)</sup>	810 以下	舗装調査・試験法便覧 D003T
透水係数	cm/s	0 <sup>注5)</sup>	1×10 <sup>-7</sup> 以下	舗装調査・試験法便覧 B017T	

注 1): 回転式すべり抵抗測定器, 注 2): 振り子式スキッドレジスタンステスト, 注 3): ウェットトラック摩耗試験 1 時間水浸後, 注 4): ウェットトラック摩耗試験 6 日間水浸後, 注 5): 密粒度(13)のマッシュ供試体上に所定量の乳剤系表面処理材を塗布した供試体を用いた

### 3.3 保護仕上げ材

アクリル系エマルジョンに重質な骨材を所定量配合したスラリーを端部の保護仕上げ材に用いた。耐候性、耐摩耗性、耐薬品性に優れ、軽度の衝撃から接着防水材を保護する。表-4 に保護仕上げ材の一般的性状を示す。

表-4 保護仕上げ材の一般的性状

試験項目	試験値	社内規格	試験方法	
密度	g/cm <sup>3</sup>	1.56	1.40 ~ 1.60	JIS K 5600
粘度 (25°C)	mPa・s	4150	3000 ~ 5000	JIS K 5600
指触乾燥時間 (25°C)	hr50%	2.0	3 以下	JIS K 5601
加熱残留分	%	76.1	71 ~ 77	JIS K 5600
耐水性	異常なし <sup>注1)</sup>	異常がないこと	JIS K 5600	

注 1): 7 日間水浸後

## 4. 表面処理防水工法の構成と室内性能評価

### 4.1 開発した表面処理防水工法の構成

前述の 3 つの材料を組み合わせ、室内試験により決定した最適な使用量と表面処理防水工法の断面を図-1 に示す。既設橋面コンクリート舗装部は接着防水材、硅砂、CAM の 3 層構造とし、地覆部は接着防水材と保護仕上げ材の 2 層構造とした。

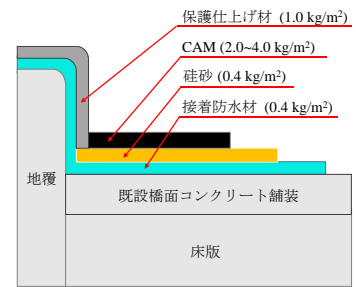


図-1 開発した表面処理防水工法の断面

### 4.2 室内性能評価

コンクリート床版もしくは舗装体内の水浸および非水浸状態における表面処理防水工法の引張接着性と防水性を把握することを目的に各種室内試験を実施した。表-5 に試験結果を示す。

表-5 各種室内試験結果

試験項目	試験値	規格	試験方法	
引張接着試験 (23°C)	N/mm <sup>2</sup>	0.89	0.6 以上	道路橋床版防水便覧
水浸引張接着試験 (23°C)	%	92	50 以上	道路橋床版防水便覧
加圧透水試験 (15°C)	cm/s	0	10 <sup>-7</sup> 以下	舗装調査・試験法便覧 B017T

表面処理防水工法の引張接着強度と水浸引張接着強度は、道路橋床版防水便覧の規格を満足しており<sup>7)</sup>、滞水時における著しい劣化は確認されなかったことから、表面処理防水工法と橋面コンクリート舗装との接着性は良好であるといえる。また加圧透水試験における漏水は皆無であり、高い防水性を有することも確認された<sup>8)</sup>。

## 5. 実橋での施工と供用性の追跡調査

表-6 に施工概要を示す。施工箇所は一宮市木曾川町の閑静な住宅地中心部に位置し、住民の生活には欠かせない生活道路となっている。また、この地域は住宅の建設や道路工事などがなければ、大型車の通行は皆無に等しく、迂回路も確保できることから、施工時の交通規制は全面通行止めとした。

表-6 施工概要

施工年月	平成 29 年 5 月
施工場所	愛知県一宮市木曾川町
橋梁名	福塚橋
施工面積	23 m <sup>2</sup>
施工時の気温	22 °C

### 5.1 施工

図-2 に施工フローを示す。施工方法は、まず既設橋面コンクリート舗装の清掃後、ローラ刷毛で接着防水材を 0.4 kg/m<sup>2</sup> 塗布し、5 号硅砂を 0.4 kg/m<sup>2</sup> 散布し養生した。次に接着防水材の硬化を確認した後、端部にはローラ刷毛で保護仕上げ材を 1.0 kg/m<sup>2</sup> 塗布し、既設橋面コンクリート舗装上にはゴムレーキで CAM を 3.9 kg/m<sup>2</sup> 敷きならした。CAM の硬化確認後、直ちに交通開放した。

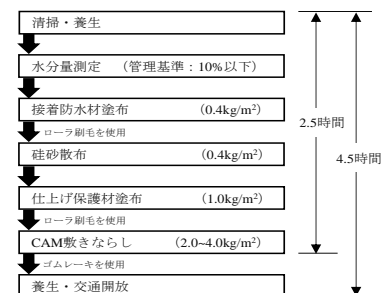


図-2 施工フロー

写真-1 に CAM の敷きならし状況を、写真-2 に施工前後の施工箇所全景を示す。反応硬化型の材料を組み合わせた表面処理防水工法は常温施工であるため、気温による影響を受けやすい。施工当日の気温は 22℃ であったが、接着防水材と乳剤系表面処理材の施工性は良好であり、作業開始から交通開放までの一連の作業に要した時間は 4.5 時間程度だった。また、品質検査として施工後に確認したすべり抵抗値は 65 BPN であり、良好なすべり抵抗性が得られた。



写真-1 CAMの敷きならし状況

## 5.2 供用性の追跡調査

供用性の追跡調査として、目視による路面観察、すべり抵抗値、そして舗装路面の粗さを測定した。写真-3 に施工直後と供用開始 6 ヶ月後の路面状況を示す。路面にはひび割れや摩耗は見られず、すべり抵抗値は 63 BPN、きめ深さは 0.08 mm だったため、良好な路面状態を維持し続けていた。



写真-2 施工前後の全景

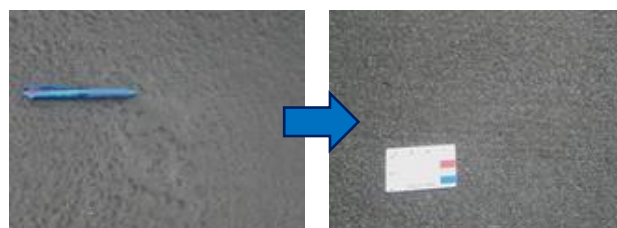


写真-3 施工直後と供用開始 6 ヶ月後の路面状況

## 6. おわりに

開発した表面処理防水工法の室内性能評価と供用性の追跡調査から、表面処理防水工法は十分な防水性能と良好な供用性を発揮し、施工面積や交通規制の難易にもよるが、5 時間程度で施工が完了するため、交通規制に要する日数を短縮できることなどが確認できた。しかし、表面処理防水工法はまだ供用してから日が浅いため、今後目視による供用性に注視しつつ、表面処理防水工法の効果について吟味していく所存である。

一宮市では、橋梁の長寿命化を目的に計画的な保全を着実に進めていくため、従来の対症療法的な事後保全から致命的損傷に至る前の予防保全への抜本的な転換を目指している。しかし、早期措置が必要な橋梁の修繕が優先となるため、限られた予算ではすべての橋梁が直ちに予防保全とはならない。持続的に道路の安全性・信頼性を確保し次世代に引き継ぐためにも、限られた予算を有効に活用しなければならないため、今後も表面処理防水工法のような新工法・新技術を積極的に採用する方針である。

### 【参考文献】

- 1) 国土交通省：国土交通, No.122, pp.4, 平成 25 年 10 月 11 日, 「社会資本メンテナンス元年 老朽化への対策と長寿命化への挑戦」
- 2) (公社) 土木学会：道路橋床版の橋面コンクリート舗装, pp.50, 平成 28 年 11 月 1 日
- 3) 国土交通省：道路メンテナンス年報, pp.6, 平成 29 年 8 月
- 4) 東日本・中日本・西日本高速道路(株)：NEXCO 試験方法 第 4 編, pp.44-45, 平成 29 年 7 月
- 5) 東日本・中日本・西日本高速道路(株)：舗装施工管理要領, pp.47-52, 平成 29 年 7 月
- 6) (一社) 日本アスファルト乳剤協会：アスファルト乳剤, pp.83-86, 平成 27 年 2 月 1 日
- 7) (公社) 日本道路協会：道路橋床版防水便覧, pp.128-131, 平成 19 年 3 月
- 8) (公社) 日本道路協会：舗装調査・試験法便覧〔第 3 分冊〕B017T, pp.153-165, 平成 19 年 6 月