

# コンクリートの新補修材料

## 見える材料・貼る材料

加藤 暢彦・松上 泰三・三村 典正

補修の確実性や経済性を向上させるためにこれまでにないような新工法の開発が進められている。コンクリート構造物のひび割れ補修やはく落対策のために開発されたひび割れのひろがりが見える透明な補強シートは新しい形の補修材料であり工法である。さらに、品質の安定性を重視して製品の大半を工場で作成するラミネートシートによるはく落対策工法や、ひび割れの動きに柔軟に追従するシートによるコンクリート保護工法もあり、これらを紹介する。

キーワード：維持管理，予防保全，長寿命化対策，点検の容易さ，見える化，はく落対策，中性化防止

### 1. はじめに

平成 24 年 3 月版道路橋示方書・同解説<sup>1)</sup>では、維持管理の確実性および容易さが求められている。社会資本を維持管理して大切に使用することの重要性は、以前からも各行政機関、研究機関において指摘されており、長年にわたり既存構造物の補修・補強が行われてきた。その際、現場や施主からの要望として、施工した後は躯体が補修材料で覆い隠されて躯体の状況がわからない。施工した後の追跡調査が容易にできれば構造物の健全度を把握する上で安心感が高まるとの声があった。

本稿では、それらの要望を受けて開発した工法について述べる。これらの工法は、「クリアクロス工法」(はく落対策工法)、「PVM 工法」(コンクリート構造物の CFRP 軽補強工法)、「クラックチェッカー」(コンクリート保護工法)の 3 工法であり、長寿命化シリーズ(LL シリーズ)と位置づけた。完成形の一部または全部が透明なため、施工後も躯体の状況を観察できる。さらに、躯体にひび割れや剥離が発生するとその

部分が強調されて、遠くからでも損傷の発生がわかるため、早期の対策が可能で、維持管理の確実性が高いと考えられる。

ところで、新設ではなく既設構造物を補修する場合は、時間や現場条件の制約があるなかで施工を行うため、短時間での確実な施工と完成品の品質が安定していることが求められる。上記 3 工法に加え、工場で作製した材料を現場で貼り付ける 2 工法(「ハイブリッドシート工法」, 「RAC シート工法」)も紹介したい。

表-1 に各工法の特徴を示した。

### 2. 見える材料

施工後もコンクリート躯体の状況を観察できる 3 工法を紹介する。

#### (1) クリアクロス工法

従来の補修材料は、紫外線の影響を極力抑える目的で有色系塗膜が使用されており、目視では対策後の変状がわかりにくいという短所を有していた。本工法は、

表-1 各工法の特徴

材料区分	工 法 名	特 徴				
		ひび割れ視認性	劣化因子抑制	はく落防止効果	補強効果	その他
見える材料	クリアクロス工法	○	○	○		
	PVM 工法	○	○	○	○	
	クラックチェッカー	○	○			
貼る材料	ハイブリッドシート工法		○	○		高耐候性シート
	RAC シート工法		○			高耐候性粘着シート

施工後に躯体の変状を目視観察できる透明なはく落防策工法であり、構造物の維持管理が容易である。

1) 工法の概要および特徴

本工法の色見本を写真—1に示した。白い繊維シートにエポキシ樹脂を含浸することで透明なFRP層が形成される。写真に示すように、施工後も躯体に書かれた文字を識別することができる。写真—2には、施工後の仕上がり状況を示している。塗膜が透明なため躯体の状況を観察することができる。



写真—1 材料の色見本



写真—2 施工後の仕上がり状況

工法の特徴を示すと次のとおりである。

- ①躯体にひび割れや剥離が発生するとその部分が強調されて、遠くからでも損傷の発生がわかる。
- ②紫外線抵抗性の高い材料をFRP層および上塗り材に添加しているため、透明でありながら、紫外線による性能の低下、および変色が少ない。
- ③はく落防止性能を有している。

2) 製品の性能評価

変状の視認性、紫外線劣化抵抗性、はく落防止性能、その他性能の評価結果を示した。

(a) 変状の視認性

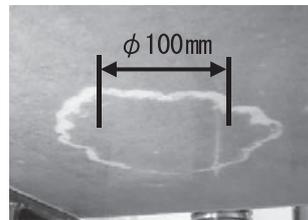
写真—3に押し抜き試験を行ったときの施工面の状況を示した。φ 100 mmのコアの削孔残りを写真の反対側から押し抜いており、コンクリートにはく離が発生すると補修材が押されてはく離部の周囲が透明から白色に変わり強調された。写真—4は、躯体にひび割れが生じた時の目視状況である。ひび割れ部のFRP層が白く強調されていることがわかる。

(b) 紫外線劣化抵抗性

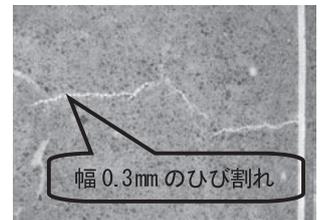
キセノンランプ方式による促進耐候性試験 (JIS K 5600-7-7 準拠) を行い、試験後の視認性と引張強さ変化を評価した。

促進耐候性試験 3,500 時間後の試験片の状況を写真—5 a) に示した。写真は、文字の入った幅 70 mm のモルタル板に施工した試験片を 20 cm の距離から撮影したものである。若干の黄変は見られるが、文字を判別できる程度の視認性を保っていた。写真—5 b) は、促進耐候性試験 1,250 時間後、2,500 時間後、4,000 時間後、および試験前の引張試験片を比較したものである。また、図—1にこれらの試験片の引張強度を

比較して示した。写真および図より、時間の経過と共に黄変が進行したが、強度の低下が少なく十分な耐久性を有していると判断できる。



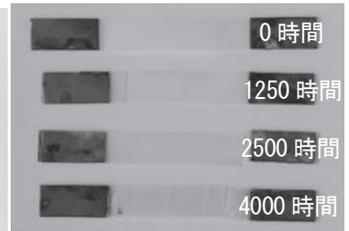
写真—3 はく離部の状況



写真—4 ひび割れ部の状況

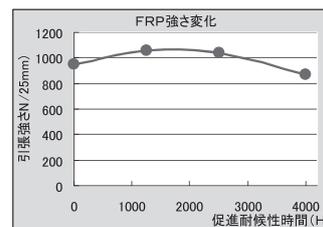


a) 3,500 時間後の状況

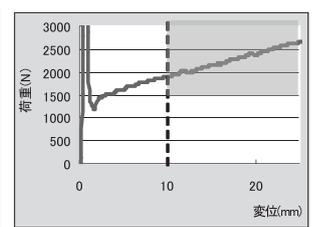


b) 各経過時間後の状況

写真—5 促進耐候性試験後の状況



図—1 試験後の引張強度



図—2 押抜き試験結果

表—2 コンクリート表面被覆材の性能

要求性能	照査項目	基準値	試験値	
耐久性	塗膜の健全性	標準養生後	なぐれ・むら・ふくれ・われ・はがれのないこと。	○
		促進耐候性試験後	白亜化・ふくれ・われ・はがれのないこと	○
		温冷繰返し試験後	ふくれ・われ・はがれのないこと	○
		耐アルカリ性試験	ふくれ・われ・はがれのないこと	○
		耐湿試験後	7日間で、ふくれ・われ・はがれのないこと	○
	コンクリートとの付着性	標準養生後	1.0 N/mm <sup>2</sup> 以上	2.1
		促進耐候性試験後		2.1
		温冷繰返し試験後		2.4
耐アルカリ性試験後		2.1		
しゃ塩性	しゃ塩性	5.0 mg/cm <sup>2</sup> 日以下	0	
酸素しゃ断性	酸素透過阻止性	5.0 × 10 <sup>-2</sup> mg/cm <sup>2</sup> 日以下	9.0 × 10 <sup>-3</sup>	
水蒸気しゃ断性	水蒸気透過阻止性	5.0 mg/cm <sup>2</sup> 日以下	0.7	
中性化阻止性	中性化阻止性	1 mm以下	0	
柔軟性	ひび割れ追従性	標準養生後 (常温)	0.4 mm以上	1.13
		標準養生後 (低温)	0.2 mm以上	0.34
		促進耐候性試験後 (常温)		0.61

(c) はく落防止性能

「コンクリート片のはく落防止に適用する表面被覆材の押抜き試験方法(案)(JSCE-K 533-2010)」に準拠して、コンクリート片のはく落防止性能を確認した。

図-2 に荷重と変位の関係を示した。変位 10 mm 以上における荷重が 1,500 N 以上であり、はく落防止性能の基準値を満足した。

(d) その他性能の照査

NEXCO 構造物施工管理要領<sup>2)</sup>「コンクリート表面被覆の性能照査項目」に準拠してコンクリート表面被覆の性能照査を実施し、試験結果を表-2 に示した。表より、全ての評価項目を満足した。

本工法は、外部からの劣化因子遮断性能を有し、特に、しゃ塩性、中性化阻止性に優れていることがわかる。

(2) PVM 工法

道路橋床版は通行車両の輪荷重を直接受けるため、最も損傷を発生しやすい部位である。損傷を受けた RC 床版の補強工法には、一般的に鋼板接着工法や CFRP 接着工法などが用いられているが、補強後は鋼板や CFRP 層が躯体を覆い隠すことになる。今回開発した製品は、軽補強レベルの炭素繊維を 2 方向に隙間を空けて織った 1 枚のシートであり、経済性、施工性ともに優れたものである。予め設けた隙間部分は、ひび割れが発生するとその箇所が白色に変色するように繊維と樹脂を組み合わせしており、ひび割れの追跡が容易である。

1) 工法の概要および特徴

図-3 に本工法の模式図を、写真-6 に施工後の状況を示した。目付量 200 g/m<sup>2</sup> の高強度タイプ炭素繊維 2 方向分の補修・補強効果を持つ PVM シートを透明の接着剤でコンクリートに接着、一体化する工法である。ここで、PVM シートは、連続炭素繊維を格子状に配置し、不織布で折り合わせた特殊シートである(写真-7)。

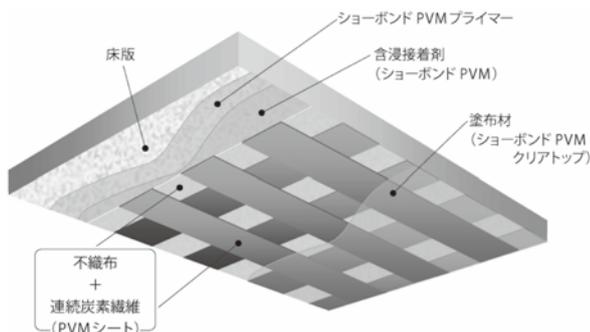


図-3 PVM 工法の模式図

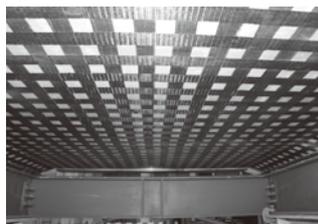


写真-6 施工後の状況

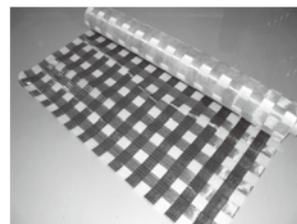


写真-7 PVM シート

工法の特徴を示すと次のとおりである。

- ① 2 方向の連続炭素繊維を 1 度の施工で貼り付けることができる。PVM シート 1 枚の接着で、炭素繊維シート 2 層分の補修・補強を行うことができるため工期短縮が図れ、経済性にも優れる。
- ② ひび割れの進展を目視で観察できる。
- ③ はく落防止性能を有している。

2) 製品の性能評価

ひび割れの視認性、はく落防止性能の評価結果を示した。

(a) ひび割れの視認性

本工法を施工した RC 床版供試体(幅 2,800 mm × 長さ 3,500 mm × 厚さ 160 mm, ハンチ高さ 50 mm)に対し定点繰り返し载荷を行った。载荷後の状況を写真-8 に示した。ひび割れの発生に伴い、樹脂を含浸した不織布が白色になり、ひび割れが強調されて示された。

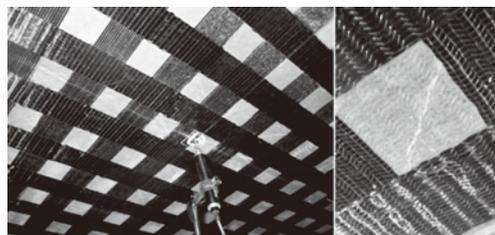


写真-8 ひび割れ視認性

(b) はく落防止性能

はく落防止性能を確認するため、本製品の押し抜き試験を実施した。試験結果を図-4 に示す。図より、本製品が高いはく落防止性能を有することがわかる。

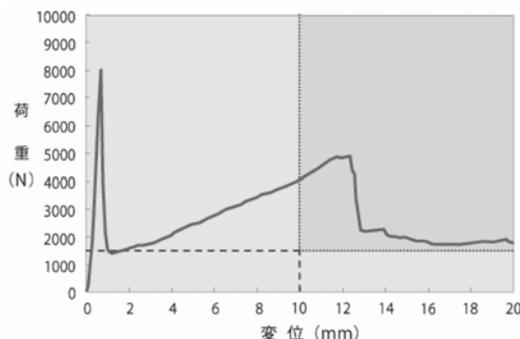


図-4 押し抜き試験結果

### (3) クラックチェッカー

クラックチェッカーは、コンクリート表面にシートをシリコン樹脂で含浸接着することで、ひび割れが発生すると白く浮き出るものである。遠くからでもひび割れを目視確認できる「見える化工法」である。

#### 1) 工法の概要および特徴

図-5に本工法の模式図を、写真-9に施工後にひび割れが発生した状況を示した。写真より、ひび割れが強調されて示されることがわかる。

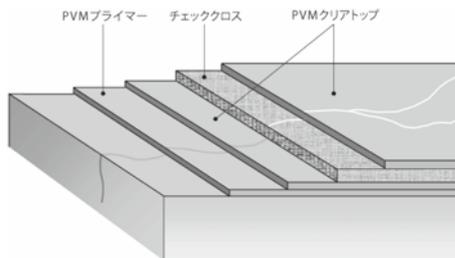


図-5 クラックチェッカーの模式図

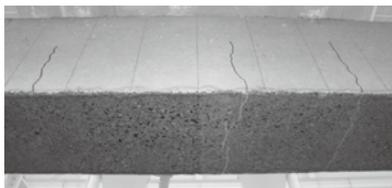


写真-9 施工後の状況

工法の特徴を以下に示した。

- ①離れていても、ひび割れを確認できる。
- ②将来、補強が必要になった時は、剥がさずにそのまま重ねて施工することができる。
- ③極めて軽量で、橋梁点検時に容易に施工できる。
- ④中性化防止性能を有している。

#### 2) 製品の性能評価

ひび割れの視認性、中性化防止性能の評価結果を示した。

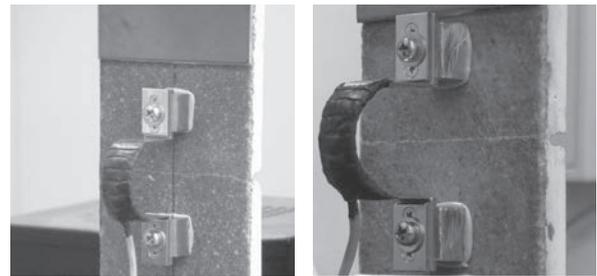
##### (a) ひび割れの視認性

促進耐候性試験後に躯体にひび割れを導入した。試験中の状況を写真-10に示した。促進耐候性試験1,250時間後でも、試験前と同様にひび割れが強調されることを確認した。

##### (b) 中性化防止性能

本工法を施工した試験片にJIS 417-2008「コンクリート塗装材の品質規格試験方法」に準じた中性化促進試験を実施し、試験後の中性化深さを測定した。試験の結果、中性化深さは0mmであった。対策をしていない基準試験片の中性化深さが5.0mmであり、本工法は中性化防止性能が高いことがわかる。

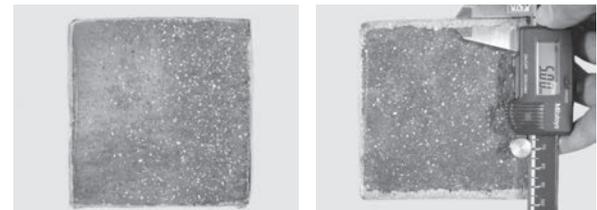
試験結果を写真-11に示した。



a) 試験前

b) 1,250時間後

写真-10 促進耐候性試験後のひび割れ視認性



a) 本工法を施工した試験片

b) 基準試験片

写真-11 中性化防止性能の評価

## 3. 貼る材料

既設構造物の補修・補強は、時間や現場条件の制約があり、短時間での確実な施工と完成品の品質が安定していることが求められる。以下、完成品の一部を工場で作成することで、製品の品質向上と施工時間の短縮を図った工法を紹介する。

### (1) ハイブリッドシート工法

コンクリート保護塗装の工程のうち、補強用繊維貼付け、接着剤塗布、上塗り工の3工程を1つにまとめて1枚のラミネートシートにした。従来工法の工程を凝縮したシートなので現場施工が早くなり、品質も安定する。写真-12に、工場製作のラミネートシートを示した。写真-13は、このシートを高所作業車で施工している状況である。足場の架設が困難で、時間の制約がある場合に本工法は有効である。



写真-12 ラミネートシート



写真-13 施工状況

工法の特徴を示すと次のとおりである。

- ①工期の短縮が図れる。
- ②品質が安定している。

- ③はく落防止性能を有している。
- ④塩害対策性能，中性化防止性能を有している。
- ⑤部分破損した場合は，その箇所に再度ラミネートシートを重ね貼りすることができる。

## (2) RAC シート工法

耐候性フッ素フィルムと粘着剤，および離型フィルムのラミネートシートを用いたコンクリート保護工法である。躯体の下地を整えた後，離型フィルムを剥がし粘着性のあるシートをそのまま躯体に貼り付ける。図-6にRACシートの構成を示した。写真-14には施工中および施工後の状況を示している。

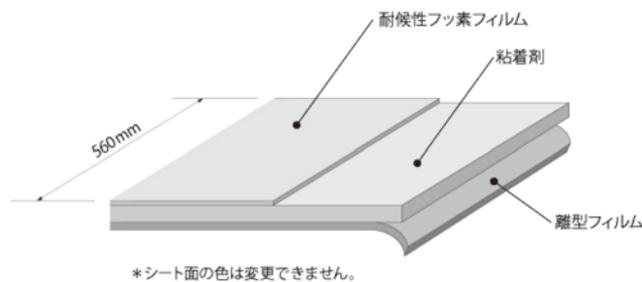


写真-14 施工中および施工後の状況

工法の特徴を示すと，次のとおりである。

- ①粘着剤のついたシートをそのまま貼るだけなので施工が簡単である。
- ②既存の保護塗装を補修する場合は，下地処理後その上にRACシートを貼るだけでよい。
- ③特殊粘着シートを用いるため，伸縮性に優れている。低温環境下でもひび割れの動きに追従することができる。写真-15に本シートのひび割れ追従性試験状況を示した。ここで，試験片には，引張試験実施前に $-20^{\circ}\text{C}$ ～ $+60^{\circ}\text{C}$ の温冷繰り返し，およびアルカリ水溶液への半浸漬（30日間）を行っている。
- ④ひび割れ追従性に優れるため，鉄道高架橋のような振動でひび割れが開閉する場所にも適用できる。
- ⑤シート表面にフッ素フィルムが配置されており，耐候性に優れる。
- ⑥塩害対策性能，中性化防止性能を有している。

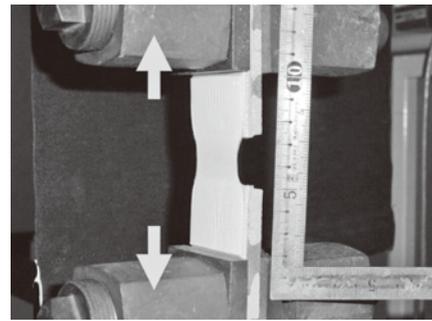


写真-15 RACシートのひび割れ追従性

## 4. おわりに

文献1)には，計画した維持管理が確実に実行するためには，点検や調査などの維持管理が確実かつ容易に行えるよう配慮されていることが重要であり，経済性に関しては，点検管理や補修等の維持管理費を含めた費用がより小さくなるように心がけることが重要であると示されている。

本稿では，コンクリート躯体にひび割れや剥離が発生するとその部分が強調されて，遠くからでも損傷の発生がわかり，対策後も構造物を大切に管理することができる工法，および工期短縮型工法を紹介した。社会資本を維持管理して大事に使用する時代を迎えた今日，損傷の早期発見，早期対策が重要であると考えられる。

JICMA

### 【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，I 共通編，2012年3月。
- 2) 東・中・西日本高速道路(株)：構造物施工管理要領，3-6 コンクリート表面保護，2012年7月。

### 【筆者紹介】



加藤 暢彦 (かとう のぶひこ)  
ショーボンド建設(株)  
補修工学研究所長



松上 泰三 (まつかみ たいぞう)  
ショーボンド建設(株)  
補修工学研究所  
副所長



三村 典正 (みむら のりまさ)  
ショーボンド建設(株)  
補修工学研究所  
主任研究員