

紫外線硬化型 FRP シートに用いる湿潤対応型プライマーの検討

(株) 竹中土木 正会員 高橋 心平
 (株) 竹中土木 正会員 四宮 みゆき
 サンコーテクノ(株) 非会員 今田 篤也

1. はじめに

コンクリート構造物の老朽化が進み、維持管理の重要性が認識される中、様々なコンクリート表面保護工法が開発され、土木学会ではその設計施工指針(案)が制定されている¹⁾。著者らは、コンクリート片のはく落防止工法として、施工後もコンクリート表面の視認性を確保することを目的とし、透明性を保持した紫外線硬化型 FRP シートによる表面被覆工法「パーマコート工法」(図-1 および表-1)を開発し、橋梁やトンネルの補修に実績を有する²⁾。パーマコート工法とは、プライマーを被着面に塗布し、表面硬化後にパテ状の光硬化性樹脂(以下、不陸調整材)を用いて表面を平滑にし、紫外線硬化型 FRP シートを貼り付け、紫外線ランプ等を照射させることで硬化させ、所定の付着強さと強度を得る工法である。

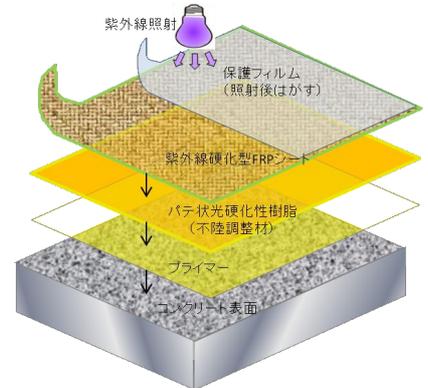


図-1 パーマコート工法構成図

このようなコンクリート表面被覆工法は、コンクリート表面が乾燥状態のうちに施工することが一般的である。しかし、水や湿気の多い環境に置かれるコンクリート構造物は、表面が湿潤状態となっており、特に供用中の構造物を短時間で常に乾燥状態にすることは困難である。

本検討では、コンクリート表面が湿潤状態の条件下においてもコンクリートとの付着性能を発揮する湿潤対応型プライマーを選定し、不陸調整材および紫外線硬化型 FRP シートとの組合せによる基本性能試験を行った結果を報告する。

表-1 シートの仕様

項目	仕様
樹脂の種類	エポキシアクリレート
繊維量	450g/m ²
厚さ	1~1.5mm

表-2 選定したプライマー

CASE	A	B	C	D
主 剤	アクリルモノマー + ビニルエステル樹脂	変性エポキシ樹脂	ビスフェノールA型エポキシ樹脂	ビスフェノールA型エポキシ樹脂
硬化剤	過酸化物	変性脂肪族ポリアミン	脂肪族ポリアミン	芳香族・脂肪族混合ポリアミン
促進剤	コバルト			
外 観	褐色液体	淡黄色液体	淡黄色液体	淡黄色液体

2. 基本性能試験の概要

選定を行ったプライマーは、表-2 に示す通り CASE-A から CASE-D の 4 種類である。これら 4 種類のプライマーをパーマコート工法の構成に用い、表-3 に示す基本性能試験を行った。

いずれの試験も、使用する試験板を 1 日間水中に浸漬させた後、半浸漬状態とし、被着面の水滴をウエス等で軽く拭き取り湿潤面を再現した。プライマーを湿潤面へ迅速に塗布した後、パーマコート

表-3 基本性能試験一覧

試験項目	耐久条件	試験板の種類	試験体作成後の養生条件	
付着強さ試験 (JSCE-E 545) (JSCE-K 531) (JSCE-K 561)	標準条件	(JIS A 5371)普通平板 (JIS R 5201) モルタル板	標準状態(20 ±2 , 相対湿度50%以上)で28日間	
	多湿条件		多湿状態(20 ±1 , 相対湿度90%以上)で28日間	
	低温条件		低温状態(5 ±1)で28日間	
	水中条件		水中状態(20 ±1 の水中に浸漬)で28日間	
	乾湿繰返し		いずれも1日間水中養生後使用	乾湿繰返し10サイクル(60 ±3 :18h 60 ±3 水中:6h)後、標準状態1日間
	温冷繰返し			温冷繰返し10サイクル(20 ±1 水中:18h -20 ±3 冷却:3h 50 ±3 加温:3h)後、標準状態1日間
耐アルカリ性			基板から5mm下まで飽和水酸化カルシウム溶液を浸漬させた状態で28日間	
押し抜き試験 (NEXCO試験法 734)	水中条件	(JIS A 5372) U形側溝蓋 1日間水中養生後使用	水中状態(20 ±2 の水中に半浸漬)で7日間	

工法の構成を行った。また、供試体は、各耐久条件における養生条件を終えた後、直ちに試験を実施した。

キーワード 湿潤対応型プライマー、紫外線硬化型 FRP シート、はく落防止、透明性、リニューアル

連絡先 〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 竹中技術研究所 建設材料部 構造材料グループ TEL 0476-77-1371

3. 試験結果

(1) 付着強さ試験

表-4 に付着強さ試験結果を示す。いずれも標準条件における付着強さは基準値を満たしたが、耐久条件における付着強さは標準条件に比べ低下している。CASE-A は、温冷繰返し条件および耐アルカリ条件において基準値を満たさなかった。また、CASE-B は、多湿条件、水中条件および乾湿繰返し条件で基準値を満たさなかった。

ビスフェノール A 型エポキシ樹脂に脂肪族ポリアミンを硬化剤として添加した CASE-C は、多湿条件および水中条件で基準値を満たさなかったが、硬化剤を芳香族・脂肪族混合ポリアミンに代替した CASE-D では、いずれの耐久条件においても基準値を満たす結果が得られた。

(2) 押し抜き試験

表-5 に押し抜き試験結果を示す。CASE-A については、押し抜き試験供試体作成前に付着強さ試験の不適合が判明したため、試験を行っていない。試験結果より、CASE-B および CASE-C は、載荷された紫外線硬化型 FRP シートが早い段階で端部方向へ剥離する傾向が顕著であり、基準値を満たさなかった。写真-1 は、CASE-D の試験終了時の状態である。CASE-D では、紫外線硬化型 FRP シートが荷重 2.37kN で破断したものの端部まで剥離することなく基準値を満たす結果が得られた。

以上より、CASE-D だけが付着強さ試験および押し抜き試験の基準値を満足した。

4. まとめ

紫外線硬化型 FRP シート(パーマコート工法)に用いる湿潤対応型プライマーの検討結果を以下にまとめる。

- (1) 主剤にビスフェノール A 型エポキシ樹脂，硬化剤に芳香族・脂肪族混合ポリアミンを用いた湿潤対応型プライマーの適用により，湿潤状態であるコンクリート表面へパーマコート工法の構成が可能となった。
- (2) この湿潤対応型プライマーは，耐久条件後もコンクリートとの付着強さの基準値を満足した。
- (3) この湿潤対応型プライマーを用いたパーマコート工法は，押し抜き試験の基準値を満足した。

また、今後の課題として、湿潤状態における実構造物への適用と普及を目標とし、他の性能試験や耐久性試験、劣化抑制試験についても確認したいと考えている。

参考文献

- 1) 土木学会：表面保護工法の設計施工指針(案)，2005
- 2) 野田健二，ほか：コンクリートの面的補修工法「パーマコート工法」による複合構造の活用，土木学会，第 6 回複合構造の活用に関するシンポジウム，pp.47-1 - 47-6，2005

表-4 付着強さ試験結果

試験項目	耐久条件	試験結果 : 適合, x : 不適合 (N/mm ²) 平均値N=3				基準値 (N/mm ²)
		CASE				
		A	B	C	D	
湿潤面施工 付着強さ試験 (JSCE-E 545) (JSCE-K 531) (JSCE-K 561)	標準条件	2.4	3.3	2.5	2.5	> 1.5以上
	多湿条件	1.8	x 1.4	x 1.3	1.8	
	低温条件	2.1	1.8	2.3	2.4	
	水中条件	1.7	x 0.1	x 1.4	1.6	
	乾湿繰返し	2.0	x 0.7	1.9	1.9	> 1.0以上
	温冷繰返し	x 0.6	1.4	1.2	1.4	
	耐アルカリ性	x 0.9	1.9	1.5	1.9	

表-5 押し抜き試験結果

試験項目	耐久条件	試験結果 : 適合, x : 不適合 []内:最大荷重(kN) ()内:シートの変位(mm) 最小値N=3				基準値
		CASE				
		A	B	C	D	
押し抜き試験 (NEXCO試験法 734)	水中条件		x [1.47kN] (10mm)	x [2.49kN] (9mm)	[2.37kN] (11mm)	最大荷重 1.5kN以上 かつ シートの変位 10mm以上



写真-1 押し抜き試験状況