

補修工法における紫外線硬化型FRPシートの付着強度に関する実験

（株）竹中土木 正会員 ○白武 寿和
正会員 松本由美子
正会員 和田 直也

1. はじめに

コンクリート片のはく落防止工法として連続繊維シートを用いた様々な技術が開発されているが、供用中のコンクリート構造物において現場施工を行う場合、接着樹脂の所要硬化時間の長さや限られた作業スペースによる作業性の低下、及び品質の確保に課題がある。そこで筆者らは、現場での作業を省力化できる紫外線硬化型FRPシートによる補修工法を開発してきた¹⁾。一般に、供用中のコンクリート面は周辺環境等の影響を受け劣化が生じやすく、コンクリート表面の状態は多種多様な状態にある。既往の研究では、三井ら²⁾によりCFRPシートの付着強度と表面粗さの関係について示されているが、紫外線硬化型FRPシートの付着特性や凹凸がある表面に対して検討したものは少ない。そこで、本研究では、凍結融解などにより劣化した状態を想定して、その表面状態に対応する施工方法を検討する目的で、コンクリート表面凹凸状態に対応した表面処理を施した時のシートの付着特性を実験的に明らかにした。

2. 実験方法

2.1 使用材料

試験体として用いたコンクリート平板（300×300mm，t=50mm）の配合を表-1に示す。材齢28日、標準養生を行った円柱形供試体（φ100×200mm）の圧縮強度を表-2に示す。試験に用いた紫外線硬化型FRPシートは、ガラス繊維を補強材として、これに紫外線硬化型の透明なエポキシアクリレート系の樹脂を含浸して制作したものである。表-3に紫外線硬化型FRPシートの仕様、表-4に紫外線硬化型FRPシートの物性値を示す。

2.2 表面凹凸状態と表面処理方法

実験の組合せを表-5に示す。試験に用いる表面凹凸状態として3水準を設定した。1:型枠面を劣化が少ないコンクリート面とし、凍結融解などによる劣化を想定したコンクリート状態を模擬して、2:サンドペーパー転写面を劣化が小さい方、3:カッター目面を劣化が大きい方とした。2:サンドペーパー転写面は、コンクリート打設前に#60の番目のサンドペーパーを型枠面に設置し、サンドペーパーの凹凸面をコンクリートに転写して作製した。また、3:カッター目面は、コンクリート打設養生後コンクリートカッター（刃厚t=1.2mm）によって5mm程度の間隔で格子目をつけた。カッター目の深さは、約1~2mm程度とした。試験体2,3の表面状態を写真-1に示す。

表面凹凸状態に対応した表面処理方法としては、1:型枠面に対しては表面処理を行わず、2:サンドペーパー転写面に対して

キーワード 紫外線硬化樹脂，FRPシート，補修，付着強度

連絡先 〒136-8570 東京都江東区新砂一丁目1-1 (株)竹中土木 TEL03-6810-6215

表-1 コンクリートの配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m ³)				
		水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 Ad
33.4	43	165	495	728	1001	0.594

表-2 圧縮強度

圧縮強度(N/mm ²)	
試験値	平均値
56.9	56.6
57.4	
55.5	

表-3 紫外線硬化型FRPシートの仕様

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

表-4 紫外線硬化型FRPシートの物性

項目	単位	物性値
曲げ強さ ^{※1}	MPa	186
曲げ弾性率 ^{※1}	GPa	7.8
引張強さ ^{※2}	MPa	100
引張弾性率 ^{※2}	GPa	6.2
引張伸び率 ^{※2}	%	1.8

※1 JIS K 7055Aに準拠
※2 JIS K 7054B-11に準拠

表-5 実験の組合せ

試験体	表面凹凸状態	表面処理方法	
		表面 サンダー処理	紫外線硬化型 パテ材
1-AO	1:型枠面	A:なし	O:なし
2-AO	2:サンドペーパー 転写面	A:なし	O:なし
2-BO		B:あり	O:なし
3-AO	3:カッター目面	A:なし	O:なし
3-AP		A:なし	P:あり

は表面サンダー処理を実施し、3:カッター目面に対しては凹み個所へ紫外線硬化型パテ材を塗布した。表面サンダー処理は、コンクリート表面をサンダーによるケレン処理とした。また、紫外線硬化型パテ材の施工は、FRPシートとコンクリート凹凸面との間にパテ材を塗布し、接着面積を確保した。紫外線硬化型パテ材は、透明なエポキシアクリレート系であり、エポキシ系材料と比較して外気温や湿度などの作業環境に影響を受けにくく、パテを塗布した後すぐに紫外線硬化型FRPシートを貼り付けることができる。パテ材はFRPシートと同時に紫外線を照射することで硬化させた。



写真-1 コンクリート表面状態

2. 3 付着試験方法

付着試験はFRPシートを紫外線照射により硬化させた後、建研式接着力試験方法(JIS A 6909に準拠)で行った。付着試験は各条件、繰返し数N=9で実施した。

3. 付着試験結果

図-1に付着試験結果を示す。図中の棒グラフは測定値の平均値であり、各プロットは個々の試験結果である。破壊状況は、コンクリートの母材破壊と、コンクリートとFRPシートとの間での破壊となった。それぞれを凡例に示す。付着強度の目標値は、補修材料のマニュアル等で用いられている $1.5\text{N}/\text{mm}^2$ とした。

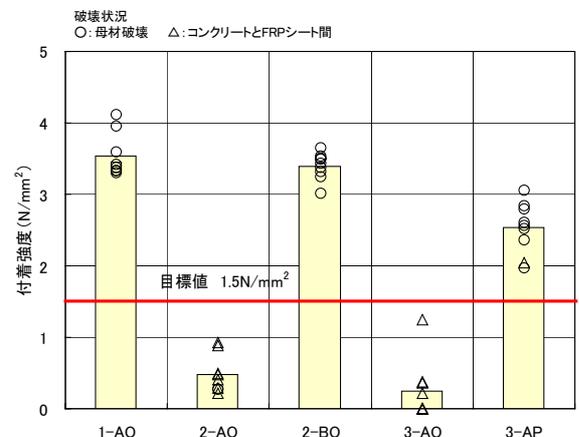


図-1 付着試験結果

(1)劣化が少ない状態を想定した型枠面に対する結果

1-AOの結果より、型枠面においては表面処理を行わずとも十分に目標値を満足していた。

(2)劣化の度合いが小さい状態を想定したサンドペーパー転写面に対する結果

表面処理を施していない2-AOでは目標値を下回っているが、表面サンダー処理を施した2-BOでは目標値を満足する結果を得た。これより、サンダーにより表面を平滑にすることで付着強度を確保できることが明らかになった。また、コンクリート表面の破壊状況を見ると、2-BOでは全ての試験において母材破壊しており、この結果からも付着性の向上がうかがえる。

(3)劣化の度合いが大きい状態を想定したカッター目面に対する結果

3-AOと3-APの結果より、コンクリート表面の凹凸に紫外線硬化型パテを塗布することで、カッター目面においても付着強度のばらつきが少なく目標強度を満足する結果を得た。これはパテ材を塗布したことにより、表面の凹凸部分に樹脂が充填され、FRPシートとコンクリート面との接着面積が確保されたためと考えられる。また、FRPシートとパテ材に同時に紫外線を照射して硬化できることが確認でき、作業性の効率が図れるものとする。

4. まとめ

コンクリート表面凹凸状態に対応する表面処理方法の検討を行った結果、劣化の程度に応じてサンダーによる表面処理又は紫外線硬化型パテ材を塗布し、紫外線照射を行うことで付着性が向上し、目標付着強度を確保できることが明らかになった。

参考文献

- 1) 松本ほか:FRPシートによるコンクリート構造物の補修工法の開発, 土木学会 第59回年次学術講演会講演概要集, vol. VI, pp. 346-347
- 2) 三井ほか: CFRPシート・コンクリート間の引張付着強度と各種表面粗さ指標との関係, 材料, Vol. 50 No. 8, pp. 895-900, Aug. 2001