

## 連続繊維シート接着工法に用いる剥離防止シートの開発

日鉄ケミカル&マテリアル株式会社 正会員 ○鈴木 宣暁  
日鉄ケミカル&マテリアル株式会社 正会員 小森 篤也

## 1. はじめに

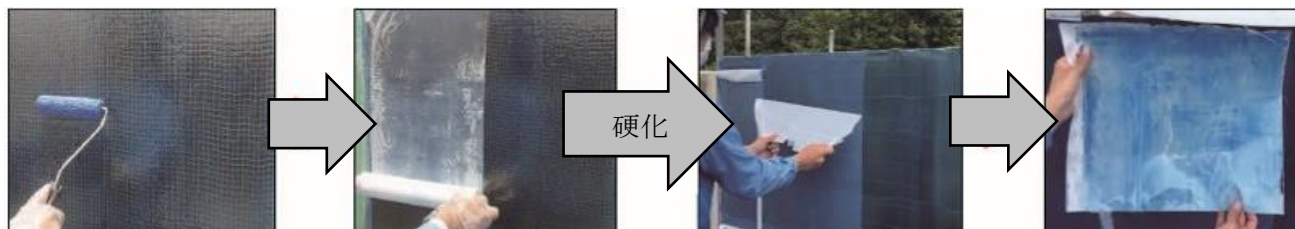
連続繊維シートを用いる構造物の補強法は開発から約30年が経過し、腐食せず・軽量・重機が不要などの特徴から一般的且つ広く用いられている。しかし、シート接着工法に用いるエポキシ樹脂は、2液常温硬化型であり、冬季の低温環境ではその温度影響により硬化が遅延することがある。そして、低温環境下でも温度回復し、硬化した後はFRPの性能は影響を受けない<sup>1)</sup>ことは確認されているが、野々村ら<sup>2)</sup>により仕上げ材の剥離不具合が、白石ら<sup>3)</sup>および宮田ら<sup>4)</sup>らにより、樹脂と仕上げ材間や樹脂同士の層間剥離などの不具合が報告されている。そして、これらの不具合は、完成検査時には発見されず、ある程度の期間経過後に発生することも併せて報告されている。この原因は、硬化中の樹脂表面に対し、湿気および炭酸ガスの影響を受けた「アミンブラッシング」によるものと考えられ、樹脂表面のごく薄い層に、「白化やべたつき」などにより発見される表面変状である。業界団体である炭素繊維補修・補強技術研究会が発行する、“炭素繊維シート貼付け工事における品質管理マニュアル(案)”<sup>5)</sup>において、白化やべたつきなどの表面変状発生時には、サンドペーパーなどの表面処理が必要であることが示されている。しかし、サンドペーパー処理の程度については示されておらず、作業員および現場判断によるものとなっている。また、樹脂量が不足している場合や、サンドペーパー処理が過剰であると接着した繊維シートも共に研磨し、傷つけてしまうことも考えられる。そこで本開発では、施工現場環境より発生する白化やべたつきなどの表面変状に対し、連続繊維シートを傷つけることなく、また作業員や現場判断によらない確実な表面処理方法を開発したので報告し、施工品質向上と不具合撲滅の一助とする。

## 2. 剥離防止シートの概要と施工方法

剥離防止シートは、写真-1に示す薄織物であり、エポキシ樹脂が接着しない素材且つ、エポキシ樹脂が容易に含浸するシート状の素材である。施工方法は、プライマー、不陸修正用パテ材、シート含浸接着樹脂のすべての工程に使用可能であり、写真-2に示すよう、各工程の樹脂の塗布後、樹脂硬化前速やかに剥離防止シートを接着させることで各工程の樹脂を剥離防止シートに含浸させ、当該樹脂の硬化後、剥離防止シートごと表面変質した層を手で引きはがし撤去



写真-1 剥離防止シートの外観



(1)樹脂含浸

(2)剥離防止シート接着

(3)剥離防止シート撤去

(4)撤去完了

写真-2 剥離防止シートの施工方法

キーワード アミンブラッシング, 白化, 剥離, 不具合, 連続繊維シート, エポキシ樹脂

連絡先 〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-13-1 (日鉄日本橋ビル)

日鉄ケミカル&マテリアル株式会社 コンポジット事業部 TEL 03-3510-0341

する。この手法は、剥離防止シートを使用したことを写真で記録するなど施工管理も容易であり、また、一切連続繊維シートを傷つけることなく、表面に発生したアミンブラッシング発生層を「確実に撤去」することができる。そして、写真-3に示すように、剥離防止シートの織目が樹脂に転写されることで凸凹形状となり、さらに層間接着性能を向上させることも期待される。

### 3. 剥離防止シートの効果についての工学的検証

連続繊維シートを接着し、左側に剥離防止シートを貼り付け、低温高湿環境下で養生することで、強制的に全面白化状態の供試体を作製した。また、写真-4の左側は剥離防止シートの除去状況である。そして、剥離防止シートを撤去した左側表面は、白化層が確実に剥離防止シートと共に撤去され、含浸接着樹脂の青色となった。この見た目の変化以外の樹脂表面状況を確認するため、赤外分光光度計（以下、FT-IR という）を用い、表面樹脂状況の変化を計測した。FT-IR は赤外線を測定面に照射し当該赤外線の反射から、樹脂成分の変化を定性的に測定可能な計測器である。エポキシ樹脂上にアミンブラッシングが発生した場合は、空気中の炭酸ガスとアミンとの反応となることから、炭酸塩として検出される。そこで工学的な検証として、低温高湿条件下で養生した供試体を用い、且

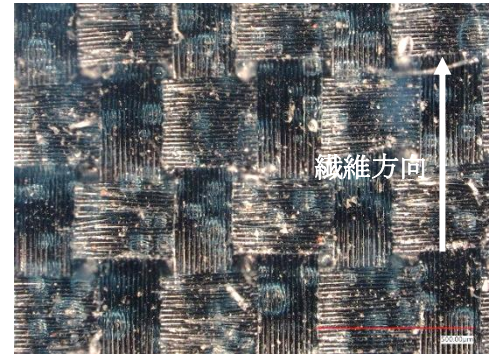


写真-3 剥離防止シート除去後の表面拡大写真(×20倍)



写真-4 表面変化の状況

つ、剥離防止シートの使用の有無をパラメータとしてそれぞれ計測し、結果を図-1に示す。当該測定結果では、 $1,425\text{cm}^{-1}$ 部分に測定ピークの変化が確認された。当該 Wave number 部位は炭酸塩による反射であり、剥離防止シートを撤去した点線プロットでは完全に撤去され、不具合の原因となる表面変状が確実に撤去されたことが確認された。

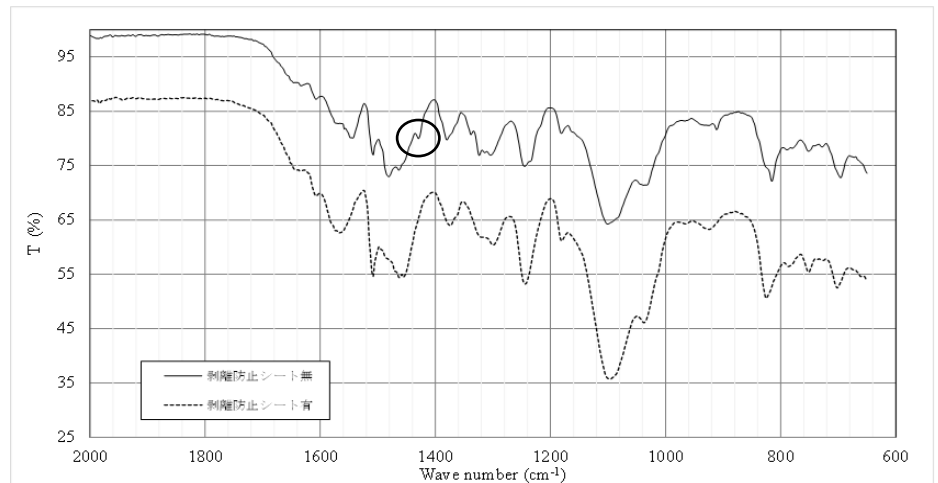


図-1 FT-IR 測定結果

### 4. まとめ

本開発では、現場で発生している樹脂表面変状に起因する、アミンブラッシング対策として剥離防止シートの効果を、形状・施工方法・工学的検証で取りまとめた。結果、剥離防止シートを貼って剥がすのみで簡便に現場で発生する不具合対策となる可能性が高く、施工品質の向上にも役立つものと考えられる。

#### 【参考文献】

- 1) : 日鉄コンポジット株式会社：養生期間中の気温低下の影響に関して、技術資料，施 01-02，1997-12.
- 2) : 野々村ら：連続繊維シート接着による橋脚耐震補強工の変状調査，寒地土木研究所月報，2014-09. 3) : 白石ら，RC床版における炭素繊維補強工の不具合事例，土木学会，第10回道路橋床版シンポジウム論文報告集 pp-227-230，2018-11. 4) : 宮田ら，連続繊維シート巻立て工法により耐震補強された橋脚における保護モルタル剥落事象の原因究明，土木学会全国大会第77回年次学術講演会，pp-VI-382，2022-09. 5) : 炭素繊維補修・補強技術研究会，炭素繊維シート貼付け工事における品質管理マニュアル（案），2004-1.