

紫外線硬化型 FRP シートの品質確保の工夫

仙建工業（株） 非会員 ○和賀 央晟
 仙建工業（株） 正会員 佐々木 崇人
 仙建工業（株） 正会員 大場 宏樹

1. はじめに

鉄道駅の桁式ホームの鋼製桁材に腐食による断面欠損が確認され、これに対応可能な材料として紫外線硬化型 FRP シート（以下 FRP シート）による補修が採用された。施工時間は、列車が運行しない夜間の限られた時間内（以下、線閉時間）に限定され、また、施工時期が厳冬期となる可能性があったため、FRP シートの品質を確保した補修方法を検討した。補修対象物は H 形鋼（H150）で塗膜劣化と腹板の腐食が生じており、変状が著しい箇所では断面欠損が確認された。FRP シートを硬化させるために紫外線照射装置を使用するが、紫外線照射装置縁端部は照射不足が懸念されることから、硬化不良の発生が予測された。その解決方法を決定するため、紫外線照射装置縁端部にアルミシートを取付け、反射により照射不足範囲をカバーできるか否かの室内試験を実施し、その結果を基に施工計画を検討し、実施工に反映した内容について報告する。

2. プライマー塗布の課題及び解決策

施工が冬季に行われることから、施工時の温度管理が課題であった。メーカーの仕様によりプライマーの使用可能温度が -5°C 以上と定められており、低温による接着不良が考えられ FRP シートの剥離が懸念された。対策として、以下について実施した。

- ①プライマー塗布直前まで材料本体を養生箱に入れ、ジェットヒーターで給熱（ 10°C 程度）した。
- ②その日施工する箇所をブルーシートで囲い、ジェットヒーターを用いて施工箇所の給熱を行った。

温度計にて養生箇所の内部の温度（平均 10°C ）を毎施工時に測定した結果、 -5°C を下回ることなく管理することができた。

3. 紫外線照射方法の検討

紫外線照射装置の照射実験を室内（ 20°C ）で、紫外線ライト（ $L=650$ mm）を用い、その両側外方にアルミシートを取付けて 825 mmまでカバーすることを目的として実施した（写真-1）。また、対象物とライト取付け距離は、実施工を想定して 150 mmとした。そして設置状態において、FRP シートの強度発現までの時間及びライト中央部、端部の照度の差を測定した。FRP シートの強度発現確認は、カタログに記されている「FRP シート表面に H の鉛筆の芯を押し付けたとき凹みがないこと」、および「FRP シートの表面保護シートが容易に剥がれる状態」にあることとした。

はじめに、対象物からの離れ 200 mmの位置に紫外線ライトを設置し、アルミシートを取付ける前の紫外線ライト中央、右端部、左端部の照度を測定した。次に、右端部及び左端部にアルミシートを取付けて照度を測定した（表-1）。アルミシートの有無による照度を比較すると、

左端で 27% 、右端で 24% の照度増を確保できることが確認できた。また、照射距離 150 mmにおいて、中央部の照度は 62% 効率化するものの、縁端部における照度は左側で 3% 、右側で 13% であり大きな差はなかった。

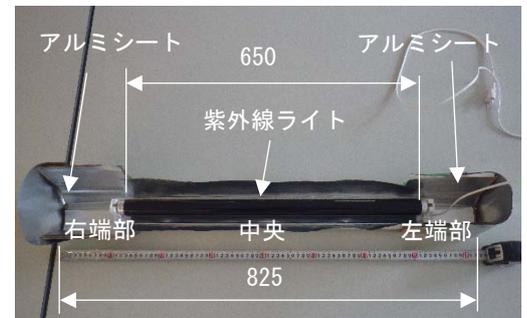


写真-1 紫外線照射装置

表-1 紫外線照度測定結果（単位：lx）

アルミ紙の有無	照射距離 (mm)	位置	1回目	2回目	3回目	平均
無し	200	中央	94.5	93.7	94.0	94.1
		左端部	19.1	19.6	21.1	19.9
		右端部	17.5	18.3	18.3	18.0
有り	200	中央	116.7	118.9	122.5	119.4
		左端部	26.2	24.8	25.0	25.3
		右端部	22.0	24.0	21.2	22.4
有り	150	中央	191.5	194.0	195.0	193.5
		左端部	26.7	26.6	24.4	25.9
		右端部	26.1	26.1	24.4	25.5

キーワード 紫外線硬化型 FRP シート、桁式ホーム補修、鋼材補修

連絡先 〒980-0811 宮城県仙台市青葉区一番町 2-2-13 仙建ビル 10 階、電話 022-225-8514

最後に、FRP シートの中央部と縁端部の強度発現時間を測定した（表-2）。中央部は照射距離によらず 10 分で硬化が確認できた。しかし、端部の強度発現時間は照射距離 200 mm の場合は 30 分を要したが、照射距離を 150 mm とした場合は 25 分に短縮することができた。これにより、紫外線照射装置端部にはアルミシートを取付け、照射距離は 150 mm とすることとした。

表-2 FRP シート強度発現確認結果

照射距離 (mm)	位置	確認方法	照射時間				
			10分	15分	20分	25分	30分
200	中央	H鉛筆芯	○	○	○	○	○
		フィルム	○	○	○	○	○
	左端部	H鉛筆芯	×	×	×	×	○
		フィルム	×	×	×	×	○
	右端部	H鉛筆芯	×	×	×	×	○
		フィルム	×	×	×	×	○
150	中央	H鉛筆芯	○	○	○	○	○
		フィルム	○	○	○	○	○
	左端部	H鉛筆芯	×	×	×	○	○
		フィルム	×	×	×	○	○
	右端部	H鉛筆芯	×	×	×	○	○
		フィルム	×	×	×	○	○

3. 施工方法の検討

図-2 に FRP シートの施工フローを示す。施工箇所は鉄道駅構内であることから、1 夜あたりの施工時間が 3 時間程度に制限されていた。しかし、プライマーの硬化時間は 5 時間であり、事前に実施した試験結果では、FRP シートの強度発現は照射距離 150 mm で 25 分必要である結果を得ていたことから、1 夜でケレン、プライマー塗布、FRP シート貼付けまでの作業を行うのは不可能であった。そこで、ケレンとプライマー塗布までの作業と FRP シートを硬化させるまでの作業を 2 パーティーに分け、施工時間を確保した。しかし、プライマーの仕様により、ケレン直後にプライマーを塗布すること、塗布完了後 24 時間以内に FRP シートを貼付けなければ品質不良を起こす危険性があった。そのため、ケレン直後にプライマーを塗布し、当夜の作業終了直前に 2 回目のプライマー塗布を実施し、次日、FRP シートの貼付け作業を行ったことでプライマーの可使用時間を遵守した。また、施工可能日数が 1 週間で 4 日のみであったことから、1 日当たりの施工延長を確保するため、紫外線ライトを L=650 mm から L=1500 mm（硬化範囲 1050mm、4 本連続設置）に変更した。写真-2 の通り紫外線ライトの接続部の硬化不足範囲が 450mm あったため、事前の試験結果を基にアルミシートを取付けた。照射温度は、プライマー塗布時に実施した対策同様、施工箇所をブルーシートで囲い、ジェットヒーターで給熱を実施した。施工時の気温は平均 10°C であり、室内実験温度 20°C までは確保できなかったが、施工手順をプライマー塗布班と FRP シート硬化班に分離したことで、FRP シート硬化時間を 1 時間程度確保することが可能となった。照射時間を実験値の 2 倍とすることができたが、気温 10°C における、1 時間照射後の硬化確認は実験で事前に確認できていなかった。そのため、現場でも FRP シートの硬化確認を行い、確実に品質を確保することができた。

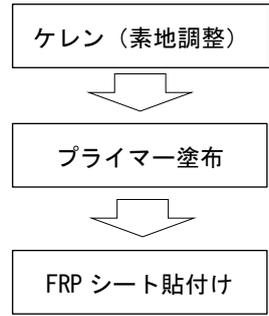


図-2 FRP シート施工フロー

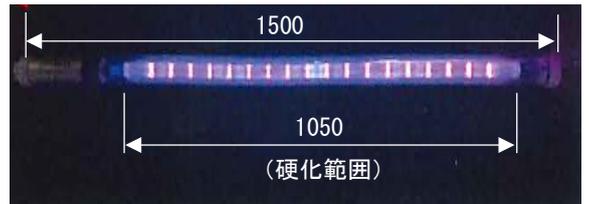


写真-2 紫外線照射装置

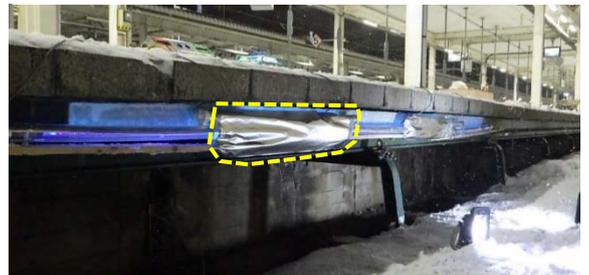


写真-3 アルミシート設置状況

4. まとめ

紫外線照射装置にアルミシートの反射を利用して照射範囲を拡大させ、照射漏れすることなく施工範囲の養生を行い、施工時気温-5°Cを下回ることなく養生したこと、また、施工サイクルを工夫することでプライマーと FRP シートの品質を確保することができた。