

## CFRP 板接着工法の設計及び施工試験の概要

首都高速道路(株) 正会員 ○細井 雄介  
 一般財団法人首都高速道路技術センター 正会員 増井 隆・上条 崇・小林 明史  
 首都大学東京 正会員 中村 一史 日本エンジニアリング(株) 正会員 政門 哲夫  
 (株)ダイクレ 正会員 鈴木 啓之 (株)ITW PP&F JAPAN 中川 健太

## 1. はじめに

鋼橋の中でも桁端部は、伸縮装置等の機能不全により厳しい腐食環境に晒される場合が多い。加えて、桁端部は支承直上の荷重集中点であるため、腐食損傷発見時には迅速な補修補強が不可欠である。腐食損傷の補強には、一般的に当て板補強工法が用いられるが、支承取替を伴う場合があることから、補強完了まで時間を要するという課題がある。また、炭素繊維シート接着工法も適用される場合があるが、現場での炭素繊維貼付け作業となるため、当て板補強工法と同様な課題がある。これらの課題を解決するために、炭素繊維強化プラスチック板(以下、CFRP 板)を用いた補強方法が開発中である<sup>1),2)</sup>。本報では、実務での適用を見据えて実施した現場施工試験について、補強設計の概要と現場施工から得られた知見を報告する。

## 2. 施工試験の目的及び施工ステップ

桁端部には支承や端横桁等が存在するため、狭隘な箇所での施工となる。狭隘空間で本工法が施工可能であるか、施工品質が保たれるか確認することが施工試験の目的である。また、施工



写真-1 腐食損傷状況

時間を確認し、従来の当て板工法との比較も行う。本試験は、写真-1 に示す桁端部に腐食損傷が発生した供用下の橋梁で実施した。対象箇所は、支承取替を計画しており、その際に当て板補強を実施する予定である。支承取替までの期間の構造性能の確保も考慮し、応急対策として本工法を適用した。本工法の施工手順は下記に示し、施工状況を写真-2 に示す。

**Step1 素地調整**(1種ケレン相当)：腐食部をブラスト面形成動力工具により削ぎ落とし、鋼材面を露出させる。

**Step2 接着剤塗布**：接着剤塗布機を用いて接着剤を塗布する。なお、接着剤塗布前には CFRP 板の接着面をサンドペ



Step1 素地調整



Step2 接着剤塗布



Step3 CFRP板固定



Step4 塗装

写真-2 施工手順

ーパーで目荒らしし、アセトンで脱脂する。

**Step3 CFRP 板固定とシーリング**：接着剤塗布した CFRP 板を鋼材面に押しつけ、シャコ万で締め付けて固定する。

CFRP 板の端部を接着剤によって整形し、シーリングを行う。

**Step4 養生と塗装**：接着剤硬化のための養生を行い、養生後塗装を実施する。

## 3. 設計の概要

施工試験箇所の設計の概要を下記に示す。

## (1) 炭素繊維シート補強量

鋼材欠損分の補強量はシートの積層数で決定される。積層数は式(1)で求められる。荷重伝達をすべき鋼材欠損部の厚さを弾性係数の比によって炭素繊維シート厚さに置換する。算出方法は炭素繊維接着工法<sup>3)</sup>を参考とした。

$$n = (t_0 - t) \times \frac{E_s}{E_{cf}} \times \frac{1}{t_{cf}} \quad (1)$$

ここで、 $n$ ：炭素繊維シートの積層枚数、 $t_0$ ：鋼材健全部の厚さ(mm)、 $t$ ：鋼材腐食部の残存厚さ(mm)、 $E_s$ ：鋼材の弾性係数(200 kN/mm<sup>2</sup>)、 $E_{cf}$ ：炭素繊維の弾性係数(440 kN/mm<sup>2</sup>)、 $t_{cf}$ ：炭素繊維シート1層あたりの厚さ

キーワード CFRP, 腐食, 桁端部, 当て板補強

連絡先 〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-16-3 首都高速道路(株) 東京西局土木保全設計課 TEL 03-3264-8526

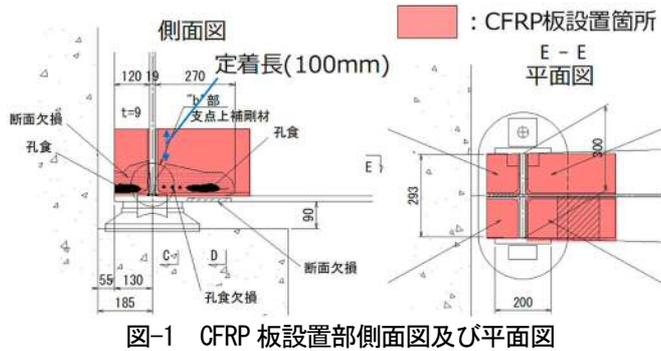


図-1 CFRP 板設置部側面図及び平面図

(0.186mm)である。腐食損傷部はウェブ、下フランジ、支点上補剛材の3面に減厚及び欠損が生じているため、各面の最大減厚量に必要なシート枚数を算出し、3面のCFRP板を作製する。CFRP板の設置箇所の図面を図-1に示す。なお、CFRP板は設置時の干渉物を回避するように、適宜切欠きを設ける。干渉物とは端横桁接合部のリベット及び支承のピンチプレートが該当する。

## (2) CFRP 板貼付け範囲

CFRP板貼付け範囲は補強量決定時と同様に、炭素繊維接着工法の定着長を参考とした<sup>3)</sup>。文献<sup>3)</sup>では、支点反力が作用する箇所の荷重伝達率を確保するため、定着長100mmを基本としている。本工法でも腐食部からのCFRP板の定着長を100mm確保した。

## (3) CFRP 板と鋼材の離隔確保

本工法は接着接合のため、接触面に接着剤が均一の厚さとなるように、CFRP板と鋼材面に離隔を設ける必要がある。CFRP板に高さ1mmの樹脂製の突起（スペーサー）を設けることで、接着剤の塗布厚が極端に薄くなることを防ぐ。

## 4. 施工試験の結果

施工試験は、本工法を初めて行なう作業員でもトラブルもなく完了することができた。施工試験から得られた知見として、所要日数、CFRP板の固定、接着剤の整形の3項目が挙げられる。各項目の状況と考察を述べる。

### (1) 所要日数

施工試験で判明した設計から現場施工までにかかる所要日数を、表-1に示す。表-1には比較として、当て板補強の場合の所要日数も示す。CFRP板補強は当て板補強と比較して不陸修正、ボルト孔の孔明、ボルト締め作業が不要となることから、所要日数が短縮されることがわかった。さらに、調査・設計、部材製作段階においても所要日数が短縮されることがわかった。

### (2) CFRP 板の固定

シャコ万によってCFRP板の全ての面を押さえられる室内試験と違い、実現場では支承等の物理的制約により、シャ

表-1 所要時間比較

作業内容	所要日数	
	CFRP板補強	当て板補強
調査・設計	7	10
部材製作	14	20
現場作業		
素地調整	1	1
不陸修正	—	1
ボルト孔の孔明	—	
補強部材設置	1	3
ボルト締め	—	
塗装	2	2
現場作業小計	4	7
合計	25	37



写真-3 シャコ万設置状況



写真-4 接着剤整形状況

コ万の設置ができない面がある。シャコ万設置状況を写真-3に示す。ウェブ及び下フランジに接するCFRP板は人力で押さえる必要があり、長時間の固定は困難である。シャコ万固定箇所は強く押し込みが行われるため、シャコ万から離れた位置ではCFRP板が鋼材面から離れやすい。このため、支間中央側のCFRP板端部では、接着剤厚さが設計値の1mmよりも大きくなり、最大5mm程度となった。

### (3) 接着剤の整形

写真-4に示すように、試験施工箇所は橋台と主桁の離隔が10cm程度と、非常に狭隘であった。このため桁端側のCFRP板端部で、押さえこみによってはみ出した接着剤の除去と、接着剤の整形作業が困難であり時間を要する。

## 5. まとめ

本工法は、初めて施工する作業員でも作業が可能であるとともに、従来工法の当て板補強よりも種々の作業にかかる所要日数を短縮することができた。一方で、CFRP板の固定方法や、狭隘部での接着剤の整形の作業性の課題が確認されたため、今後も引き続き検討を続ける。

## 参考文献

- 1) 増井隆ら：CFRP板接着工法により補強した桁端断面欠損部の静的載荷試験，土木学会第73回年次学術講演会，2018。
- 2) 政門哲夫ら：腐食した鋼桁端部に対するCFRP板接着工法の耐久性と施工試験，土木学会第73回年次学術講演会，2018。
- 3) (株)高速道路総合技術研究所：炭素繊維シートによる鋼構造物の補修・補強工法 設計施工マニュアル，2013。