

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

(一財) 首都高速道路技術センター 正会員 ○増井隆, 上條崇

首都大学東京 正会員 中村一史

首都高速道路(株) 正会員 平野秀一

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

近年, 鋼橋の桁端部などに腐食損傷が多数報告されており, 腐食が進行すると鋼材の減厚により耐荷力の低下が懸念される(図-1). 減厚に対する補修方法は, 鋼板によるあて板工法(図-2)や炭素繊維シート接着工法が一般的である. しかし, 両工法とも都市高速などの交通規制や足場の設置が必要な現場条件では作業効率が悪く, 時間とコストがかかる. 筆者らは, 現場での作業効率を向上させるため, 工場で製作した炭素繊維強化プラスチック(Carbon Fiber Reinforced Plastic: 以下, CFRP)板を現場で接着剤により接合する工法の開発を行なっている. 本稿では, 腐食損傷が多く発生している鋼桁端部を対象に CFRP 板接着工法の補強効果を確認するために行なった静的載荷試験について報告する.

2. 工法概要

本工法は図-3 に示すように, CFRP 板を事前に工場で製作し, 損傷箇所に接着剤で接合して補強する工法である. 従来の炭素繊維シート接着工法が現場で炭素繊維シートを含浸させて部材を成形するのに対し, 本工法の CFRP 板は工場製作のため, 現場での施工時間を短縮することができ, 軽量であるため施工性がよい.

接着剤には, MMA(メチルメタクリレート系)樹脂を用いている. MMA 樹脂接着剤は, ①エポキシ樹脂接着剤より低弾性であるため, 補強材端部の剥離を抑制できる, ②厚さ 1~3mm 程度では, 接着強度がほとんど変化せず, 腐食損傷による鋼材の不陸を接着剤で吸収できる, ③強度発現が速いため施工時間を短縮することができる, ④粘性が高いため, だれにくく上向きや横向きでの作業性がよいという特徴がある. ただし, 粘性が高いため接着層に空隙ができやすいという課題がある.



図-1 鋼桁端部の腐食損傷



図-2 あて板補強

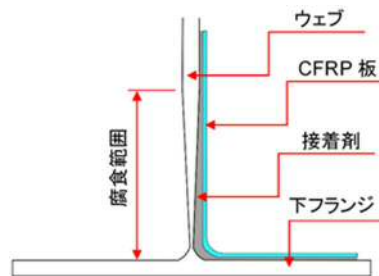


図-3 CFRP 板補強イメージ



Step 1 素地調整



CFRP 板



Step 2 接着剤塗布



Step 3 CFRP 板接着・固定

図-4 CFRP 板接着工法作業手順

キーワード 鋼桁, 腐食, CFRP, 接着, 補強, 耐荷力

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 (一財) 首都高速道路技術センター TEL 03-3578-5772

本工法の作業手順は、腐食箇所をさびをグラインダなどにより除去した後、現場にて CFRP 板に接着剤を塗布し、補強箇所に接着・固定する（図-4）。本工法は、全工程を1日で完了することができる。

3. 試験体

試験体は、ウェブと支点上補剛材からなる柱部材を模擬した。試験ケースは表-1 に示す4 ケースとした。減厚なしの「健全」以外の3 ケースは腐食を模擬するため、図-5 に示すようにウェブと支点上補剛材を下端から100mm 範囲でウェブは6mm から下端で1.5mm に、支点上補剛材は12mm から下端で3mm になるようにテーパをつけている。

CFRP 板は、下フランジ、ウェブ、支点上補剛材の三面に接合する形状（図-4）とし、ウェブと支点上補剛材が交差する4 箇所全部に接着した。CFRP 板に使用した炭素繊維シートは中弾性タイプを鉛直に配向し、鋼材の最大減厚量と等価な剛性となる積層数（ウェブ7 層、支点上補剛材13 層）とした。

「補強・接着不良」は、CFRP 板の接着面積を50%程度とした。これは、現場での CFRP 板接着作業で設置位置のずれや間違いなどによる CFRP 板の貼り直しを想定している。事前の確認試験の結果で CFRP 板を貼り直した場合、接着面積が40%程度であったため、同様な手順で試験体を作製した。

4. 試験結果

静的载荷試験は2000kN の油圧ジャッキを用い、鉛直载荷による圧縮強度を確認した。

荷重－変位関係を図-6 に示す。「腐食あり・無補強」の最大耐力が715kN であるのに対し、他の3 ケースはすべて1500kN 程度であり、腐食の影響により最大耐力が半減した。

CFRP 板で補強した「補強・接着不良なし」と「補強・接着不良あり」の最大耐力は「健全」と同等の耐力まで回復した。

試験後の「腐食あり・無補強」と「補強・接着不良あり」試験体の座屈形状を図-7 に示す。「腐食あり・無補強」の座屈モードは支点上補剛材下端とウェブ下端の腐食部での局部座屈であるのに対し、「補強・接着不良あり」では、柱部材の全体座屈が生じていることがわかる。これは「健全」「補強・接着不良なし」と同様の座屈モードであった。この結果から、CFRP 板補強により最大耐力が柱部材の座屈強度程度まで回復するため、補強効果があると考えられる。また、最大耐力後も母材と CFRP 板に剥離は生じておらず、MMA 樹脂接着剤が有効であることがわかった。

5. おわりに

試験から、腐食した桁端部に対して CFRP 板が減厚部の局部座屈を防止し、接着不良があっても健全時と同等の耐力まで回復させる効果があった。しかし、接着面積や接着剤厚さが補強性能に及ぼす影響については明らかになっていない。今後、これらを解析などで明らかにしていくとともに地震時を想定した水平力に対する補強効果、品質管理および維持管理方法について検討していく予定である。

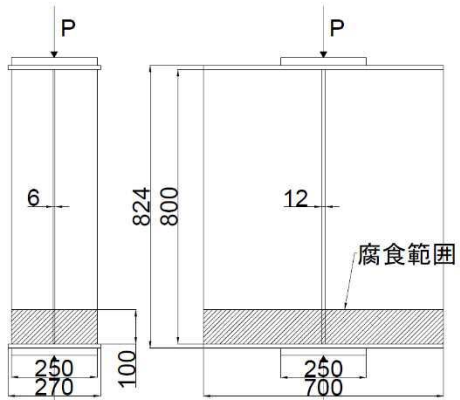


図-5 試験体図

表-1 試験ケース

ケース名	腐食	補強	接着不良
健全	なし	なし	なし
腐食あり・無補強	あり	なし	なし
補強・接着不良なし	あり	あり	なし
補強・接着不良あり	あり	あり	あり

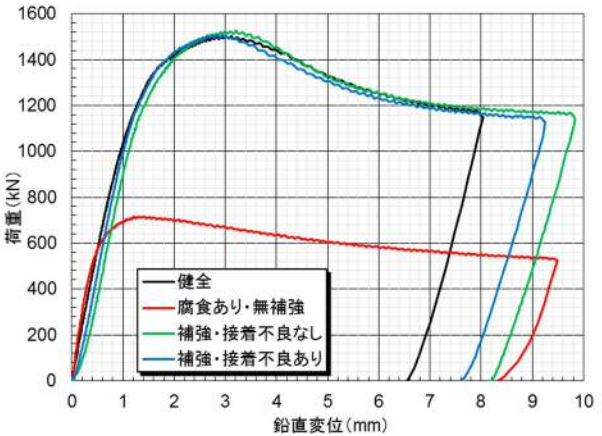


図-6 荷重－変位関係



腐食あり・無補強 補強・接着不良あり

図-7 試験体の座屈形状