

## 炭素繊維シート（CFRP）による鋼構造物の補修に関する基礎実験

|          |     |       |       |
|----------|-----|-------|-------|
| 川崎重工業    | 正会員 | ○杉浦 江 | 大垣賀津雄 |
| 中日本高速道路  | 正会員 | 富田芳男  | 稲葉尚文  |
| 長岡技術科学大学 | 正会員 | 長井正嗣  |       |
| 日鉄コンポジット | 正会員 | 小林 朗  |       |

## 1. はじめに

鋼構造物の腐食については、塗替え塗装により進行を遅らせることは可能である。しかしながら、鋼部材の腐食は部分的に発生し、塗替え塗装のインターバルの間に腐食が進行しているケースが見られる。このような場合、鋼板当て板補強を行う必要があり、効率的な補修方法は存在しないのが現状である。このような中、鋼板を溶接やボルトで添加する従来補修法の代替案として、炭素繊維シート（以下、CFRP と呼ぶ）を用いた工法が有効であると考えられている。本研究は、CFRP を用いた部分的な補修方法を実構造物へ適用するにあたっての検討課題として、CFRP 積層数および接着長さに着目し、それらが補修効果に及ぼす影響を実験的に検証した。

## 2. 実験の概要

鋼板に CFRP を接着補強して、鋼板に引張荷重を負荷し、鋼板の荷重－ひずみ関係を測定すると同時に、CFRP の剥離状況を観察した。着目するパラメータは、CFRP 積層数および接着長さとした（表-1）。供試体の概要を図-1 に示す。なお、非接着部は、鋼材と CFRP 間に OPP フィルムを挿入することで、鋼材との付着がないものとした。図-2 に、引張試験の状況を示す。

表-1 実験パラメータ

| 実験<br>ケース | 炭素繊維シート      |             |               |                |
|-----------|--------------|-------------|---------------|----------------|
|           | 長さ L<br>(mm) | 幅 B<br>(mm) | 積層数           | 接着長さ a<br>(mm) |
| 3L        | 500          | 60          | 6 層（片面 3 層）   | 250            |
| 5L        |              |             | 10 層（片面 5 層）  |                |
| 7L        |              |             | 14 層（片面 7 層）  |                |
| 10L       |              |             | 20 層（片面 10 層） |                |
| 200A      |              |             | 6 層（片面 3 層）   | 200            |
| 100A      |              |             |               | 100            |
| 70A       |              |             |               | 70             |
| 20A       |              |             |               | 20             |

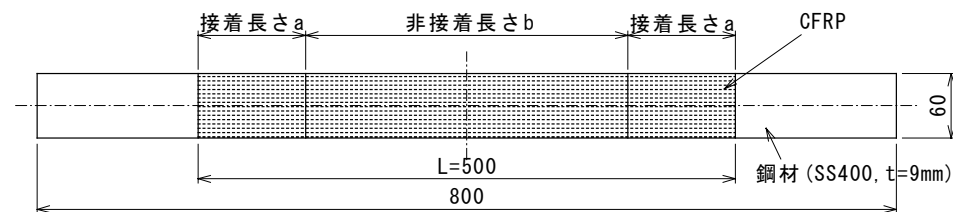


図-1 供試体

表-2 材料特性

| 鋼材<br>(SS400) | 降伏応力(N/mm <sup>2</sup> ) |                          | ヤング率(kN/mm <sup>2</sup> )   |  |
|---------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--|
|               | 286                      |                          | 206                         |  |
| 炭素繊維<br>シート   | 繊維目付け(g/m <sup>2</sup> ) | 引張強度(N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング率(kN/mm <sup>2</sup> )   |  |
|               | 312                      | 2497                     | 653                         |  |
| エポキシ樹脂        | 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> ) | 引張強度(N/mm <sup>2</sup> ) | 引張せん断強度(N/mm <sup>2</sup> ) |  |
|               | 74                       | 35                       | 13                          |  |



図-2 引張試験状況

キーワード：腐食補修、炭素繊維、CFRP、鋼構造

連絡先：〒675-0155 兵庫県加古郡播磨町新島8 川崎重工業(株) TEL 0794-35-8419 FAX 0794-35-0249

### 3. 実験結果

#### (1) CFRP による鋼板の補強効果

CFRP により補強された鋼材の荷重－ひずみ関係を図-3 に示す。図-3 は、無補強供試体の降伏荷重( $P_y$ )で無次元化した荷重と、鋼材および CFRP に発生する試験片中央部のひずみの関係を示している。この結果からわかるように、CFRP で補強された鋼板の荷重－ひずみ関係は、CFRP が剥離するまでは、CFRP と鋼材で構成される合成部材の計算値と一致する。

#### (2) 積層数の影響

図-4 には、CFRP 積層数を変えた各ケースにおける鋼材の荷重－鋼材ひずみ関係を示す。CFRP により補強された鋼板は、CFRP の層数に応じた補強効果が得られ、その補強効果は合成部材としての補強計算値と概ね一致することがわかる。

#### (3) 部分接着長さの影響

CFRP を部分接着した補強鋼板の引張実験では、基本的には、完全接着した場合と同様に、CFRP が剥離するまでは、鋼材に発生するひずみが低減され、所要の補強効果が得られる。ただし、実験で得られたひずみより、鋼材と CFRP の荷重分担率を算出した結果（図-5）、接着長さ  $a \geq 100\text{mm}$  であれば、CFRP への荷重伝達が十分になされるが、 $a \leq 70\text{mm}$  では、CFRP への荷重伝達がばらつき、CFRP の分担率が設計値（鋼材と CFRP の鋼換算した断面積比より算出）を下回るケースがある。

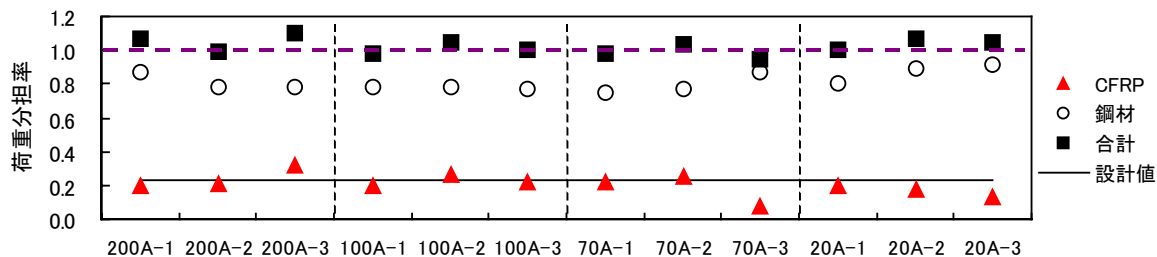


図-5 部分接着した CFRP 補強鋼板の荷重分担率

#### (4) CFRP の剥離荷重

完全接着した供試体では、CFRP の剥離が生じる荷重は、鋼材の降伏荷重に対して  $P/P_y = 0.5 \sim 1.0$  の範囲となっている。なお、接着長さが短いほど、剥離荷重が低下する傾向を示すため（図-6）、接着長さが 100mm 以上であれば、完全接着した場合と同等の剥離荷重( $P/P_y = 0.5$  以上)を満足することがわかる。

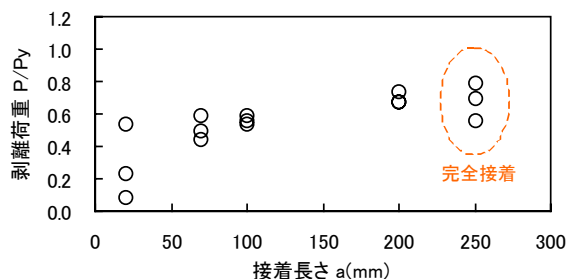


図-6 CFRP 剥離荷重の分布

### 4. まとめ

- CFRP で補強された鋼板は、CFRP と鋼材で構成される合成部材としての補強計算値と一致し、積層数に応じた補強効果が得られる。
- 部分接着した場合でも、接着長さ  $a$  を 100mm 以上とすれば、完全接着した場合と同等の補強効果、剥離荷重を得ることができる。

#### 【参考文献】

- 1) 杉浦, 大垣, 長井, 小林: 炭素繊維シート (CFRP) を用いた鋼部材部分補修に関する実験研究, 第 6 回復合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, 2005.11
- 2) 杉浦, 大垣, 長井, 稲葉, 小林: 炭素繊維シート (CFRP) を用いた鋼橋の補修・補強に関する一検討, 第 2 回 FRP 橋梁に関するシンポジウム講演論文集, 2006.1