

炭素繊維集成板による座屈損傷を受けた鋼部材の補強効果について

摂南大学工学部 正会員 平城 弘一 IMMS Co.,Ltd. Suphasit Sirisak
 タカラ技研（株） 西川 朝彦 IMMS Co.,Ltd. Wimon Lawanwisut
 タカラ技研（株） 正会員 ○弓倉 啓右 （株）エコー建設コンサルタント 正会員 松下 広

1. はじめに

炭素繊維補強材を用いた補修・補強工法は、コンクリート構造はもとより、鋼構造においても炭素繊維が有する卓越した引張強度特性と、施工の容易さに注目され、着実に施工実績を伸ばしつつある。本研究で使用した炭素繊維集成板（以下、CCFP と略する；Consolidated Carbon Fiber Plate）も、炭素繊維補強材の一種であり、著者らは、これまで主に、ひび割れを有する RC 床版の補強に関する研究に取り組んできた¹⁾。しかしながら、これまでの炭素繊維補強材を用いた補修・補強工法は、主として軸方向引張力あるいは曲げ引張力を受ける部材に限定されており、逆に圧縮力を受ける部材の補修・補強に使用された例は類を見ないようである。

そこで本研究では、軸方向圧縮力により局部座屈を受けた鋼部材に対して、成型された CCFP を着装させ、接着剤を用いて貼付した場合の補強効果を確認する基礎的実験を行った。

2. 実験概要

実験は、軸方向圧縮力（以下、圧縮力と略する。）を受ける鋼部材に対する CCFP を用いた補強効果確認を目的として、500kN 万能試験機を用い、供試体に圧縮力を载荷させることとして、以下に示す順序で実施した。

- 1) 健全な供試体に局部座屈が生じるまで圧縮力を加え、ひずみの測定と局部座屈荷重を確認する。
- 2) 供試体を局部座屈させた後、一度荷重を除荷して局部座屈による変状を確認し、その後、炭素繊維を直交配置してエポキシ樹脂で硬化成型した CCFP を着装し、接着剤を用いて鋼部材に貼付補強する。
- 3) CCFP 貼付補強後、供試体への载荷荷重が最大値を示した後、耐力が低下傾向を示すまで、再度、圧縮力を加えて実験を終了する。その際、ひずみの測定と最大荷重および局部座屈による変状を確認する。

実験結果の評価方法は、次式によるものとした。

$$\text{補強効率 } F_1 = \{ (P_2 - P_1) / P_1 \} \times 100 \quad (1)$$

ここに、 F_1 ：CCFP による補強効率（％）

$F_1 \geq 0.0 \cdots$ 耐力向上への補強効果有り、 $F_1 < 0.0 \cdots$ 耐力向上への補強効果無し

P_1 ：無補強時の局部座屈荷重（kN）

P_2 ：CCFP 貼付補強後の最大荷重（kN）

供試体形状は、図-1 に示すように SS400 相当の鋼板（板厚 3mm）に、曲げ（トラフ状）加工した鋼板（厚さ 2mm）を溶接接合し、圧縮力を受ける閉断面柱構造とした。なお、供試体両端には荷重を分配させるため端板（板厚 6mm）を溶接している。

供試体の高さは 800mm として、中央部には初期不整を考慮した断面継手溶接部を設けた。

無補強時のひずみゲージ取付位置は、図-1 に示したとおり、3mm 厚鋼板中央に 1 箇所（ゲージ 1）、2mm 厚鋼板高さ方向中央に 3 箇所（ゲージ 2～4）貼付することとし、補強後のひずみゲージ取付位

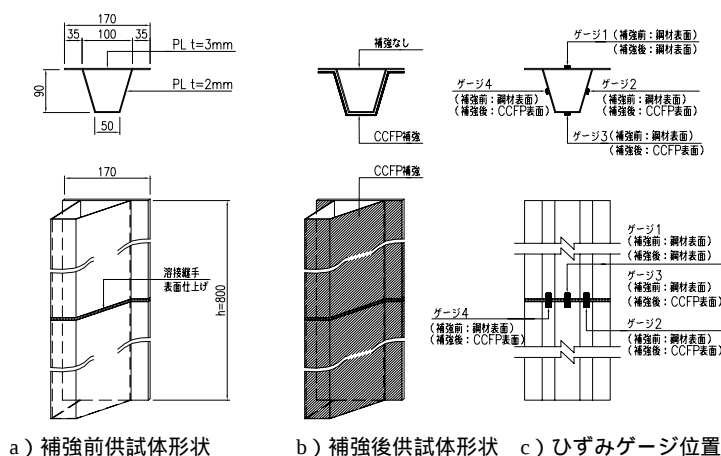


図-1. 供試体形状およびゲージ位置図

キーワード：炭素繊維，CCFP，圧縮力，局部座屈，補修，補強

連絡先：〒552-0001 大阪市港区波除 3-1-18 藤田ビル 5 階 TEL06-6583-5461 FAX06-6583-5488

置は、CCFP を装着していない3mm 厚鋼板中央に1箇所（ゲージ1）、CCFP 表面に3箇所（ゲージ2～4）貼付することとした。

局部座屈後の補強に用いた CCFP の物性値（公表値）は、厚さ 2.0mm、引張強度 $2,350\text{N/mm}^2$ 、引張弾性係数 $1.52 \times 10^5\text{N/mm}^2$ であり、これをエポキシ樹脂接着剤を用いて、供試体高さ方向全高にわたって装着して貼付補強した。

3. 実験結果と考察

実験結果の荷重一覧を表-1 に示す。

補強前供試体の局部座屈は、2mm 厚鋼板側の供試体高さ方向中央で鋼断面を継いだ溶接部近傍に生じていた。また、補強後供試体は、局部座屈の発生と CCFP の剥離が、ほぼ同時に起きた。この時の局部座屈発生部位は、2mm 厚鋼板側の CCFP 接着端部付近に生じていた。これは、鋼板に局部座屈が生じた際の変形挙動に CCFP の接着力が、追従できなかったことによるため CCFP の剥離が生じたものと思われる。

補強効率は、約 66% であり、CCFP による補強効果が十分に見られた。これにより、局部座屈を受けた鋼部材に対して、CCFP を装着させ、接着剤を用いて貼付補強することで、座屈前耐力以上の機能回復効果が期待できると言える。

荷重 - ひずみ関係を図-2 に示す。補強前供試体では、作用荷重 170kN 程度を界に、それまで、ほぼ直線であった荷重 - ひずみ関係が変化し始め、線形から非線形へと挙動が移行した。その後、さらに荷重が増加したものの、作用荷重 277.5kN で局部座屈を示した。

補強後供試体は、一度、局部座屈を起こしていることから、ひずみの計測にやや不整が見られるが、CCFP による補強効果が見られるとともに、無補強時に比べて、溶接による断面継手部近傍も大きくひずみが低減された状態で荷重が増加した。最大荷重は 461.9kN であった。

4. まとめ

本実験により、局部座屈を受けた鋼部材に CCFP を装着して貼付補強することにより、座屈前耐力以上の機能回復効果が期待できることが確認できた。

従来の補修・補強に対する炭素繊維補強材の適用は、主として引張力を受ける部材に対するものであったが、今回の研究により CCFP は、圧縮力を受ける部材に対しても十分な補強効果を得られることが確認できた。

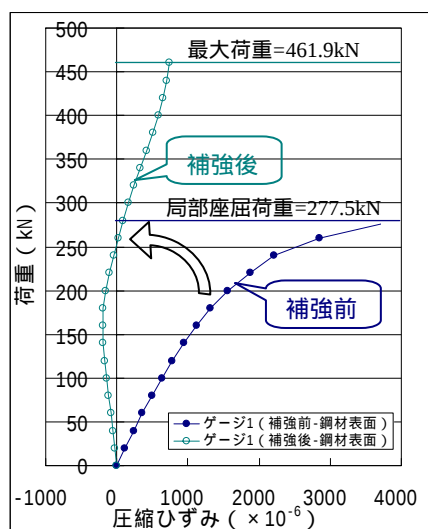
本実験は、炭素繊維補強材を用いた圧縮力を受ける鋼部材の補強効果を確認する基礎的な実験に過ぎない。しかし、圧縮力を受ける鋼部材に対する補強効果が、十分期待できることから、今後、トラス橋などの軸力部材に対する補強材としての適用にも期待できる。

参考文献

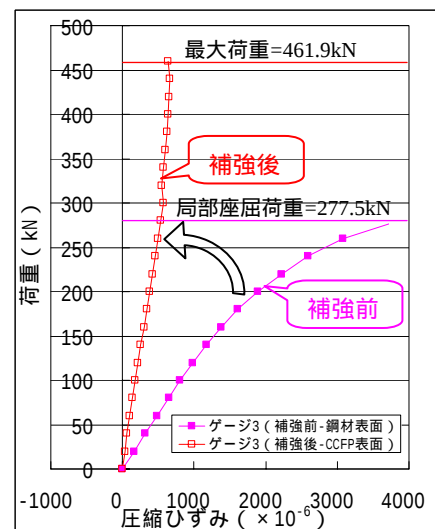
- 1) 平城，弓倉，原田，西川，鈴木，松尾：CFRP で補強されたひび割れを有する RC 床版の載荷試験，土木学会第 56 回年次学術講演会，pp.220～221，2001

表-1. 荷重一覧表

補強前 局部座屈荷重 $P_1(\text{kN})$	補強後 最大荷重 $P_2(\text{kN})$	補強効率 $\{(P_2 - P_1)/P_1\}$ (%)
277.5	461.9	66.4



a) ゲージ1のひずみ値



b) ゲージ3のひずみ値

図-2. 荷重 - ひずみ図