

## (20) CFRPシートで補強した鋼トラス橋の矩形断面 下弦材に対する交番載荷実験

秀熊 佑哉<sup>1</sup>・大垣 賀津雄<sup>2</sup>・宮下 剛<sup>3</sup>・服部 雅史<sup>4</sup>  
後藤 源太<sup>5</sup>・櫻井 俊太<sup>6</sup>・PHAM NGOC VINH<sup>7</sup>

<sup>1</sup>正会員 日鉄ケミカル&マテリアル(株) コンポジット事業部 (〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-13-1)  
E-mail: hidekuma.3ae.yuya@nscm.nipponsteel.com

<sup>2</sup>正会員 ものつくり大学教授 建設学科 (〒361-0038 埼玉県行田市大字前谷 333)  
E-mail: ohgaki@iot.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 長岡技術科学大学准教授 環境社会基盤系 (〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1)  
E-mail: mtakeshi@vos.nagaokaut.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 高速道路総合技術研究所 道路研究部 (〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1)  
E-mail: m.hattorit.ab@ri-nexco.co.jp

<sup>5</sup>正会員 高速道路総合技術研究所 道路研究部 (〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1)  
E-mail: g.goto.aa@ri-nexco.co.jp

<sup>6</sup>正会員 日鉄ケミカル&マテリアル(株) コンポジット事業部 (〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-13-1)  
E-mail: sakurai.sh.msu@nscm.nipponsteel.com

<sup>7</sup>非会員 The University of Danang-University of Science and Technology, Vietnam, Faculty of Civil Engineering  
E-mail: pnvinh@dut.udn.vn

トラス橋の耐震補強には高力ボルト (以下 HTB とする) による当て板補強が一般的であるが、この工法ではボルト孔による断面欠損があり、添接板も長尺になってしまうこと等から施工が困難である。そこで、鋼材に比べて高強度、高弾性、軽量、腐食しない等の理由から炭素繊維強化ポリマー (以下、CFRP とする) を用いた補強工法が注目されている。CFRP による補強工法を用いることで、鋼材への熱影響やボルト孔による断面欠損が発生せず、施工に伴う大型機材や特殊技能を必要としないなどのメリットがある。本研究ではトラス橋の耐震補強が必要な矩形断面下弦材を想定した短柱供試体に、CFRP シート補強を行った。それらの供試体に軸方向の引張力と圧縮力を受ける交番載荷実験を行い、引張側と圧縮側の耐荷性能やエネルギー吸収性能を確認した。

**Key Words :** steel truss bridges, seismic retrofitting, CFRP sheets, rectangular-section diagonal members, cyclic loading tests

### 1. はじめに

日本の道路橋は 1950 年から 1970 年代までの高度経済成長期に数多く建設されており、建設後 50 年以上経過している橋梁が供用され続けている。また、1995 年の阪神淡路大震災後に道路橋の耐震設計基準が大幅に改訂された<sup>1)</sup>。具体的には、建設当時の修正震度法の代わりに動的応答解析を用いた断面設計が新たな耐震設計法として基準化された。そのため、平成 8 年の道路橋示方書<sup>2)</sup>以前の基準で設計された橋梁の主構造部材の多くは、耐震性能不足の状態にある。特に支間長が比較的大きいトラス橋では、桁端部付近の下弦材や支間中央部の斜材は

許容応力度に対して常時荷重で余裕があり、最低断面で設計されている。特にトラス橋の下弦材等部材の一部は、現在の耐震設計基準に従い動的応答解析を行うと、局部座屈や全体座屈が生じることとなり、耐震性能不足が見受けられ、耐震性能が不十分となる。したがって、このような部材に対する耐震補強が求められており、従来の HTB による当て板補強を行った場合、孔引きに伴う当て板の板厚増大や補強後の腐食対策等、種々の課題が浮き彫りになっている。

そこで新たな鋼構造物の補強材料として注目されているのが炭素繊維強化ポリマー (以下、CFRP とする) であり、軽量かつ高強度、高耐久性といった特

徴を有する。また、CFRP 接着工法は、施工に大掛かりな機材を必要とせず、接着積層するだけなので、施工が容易かつ狭隘な場所にも適用することができる。さらに従来の当て板工法のように、HTB 孔の断面欠損や溶接による熱影響も受けない工法である。近年では、CFRP による鋼構造物の補修・補強マニュアル<sup>3)</sup>の発刊や、FRP 接着による構造物の補修・補強指針<sup>4)</sup>の整備に伴い、適用箇所が拡大している<sup>5)</sup>。

本研究ではトラス橋の耐震補強が必要な矩形断面下弦材を想定し、無補強と補強有りの供試体に引張力と圧縮力を受ける交番載荷実験を実施した。そして、それぞれ載荷実験において、実験供試体における局部座屈発生部材およびCFRP シートによる補強の有無をパラメータとした実験供試体を準備して、その補強効果を確認した。

## 2. 実験概要

### (1) 実験供試体

本研究での実験供試体を図-1に示す。今回の実験では、実橋の約1/2程度の矩形断面を有する短柱試験体を用いた。実験の評価対象である供試体の中央部長さは600mm、ウェブ、上フランジの幅は200mm、下フランジの幅は240mmとした。そして、実験供試体における補強が不必要な範囲の板厚を6mmとし、補強が必要な範囲の板厚を4.5mmとした。補強が不必要な範囲におけるフランジとウェブの幅厚比パラメータは $R=0.68$ であり、補強が必要な範囲における幅厚比パラメータは $R=0.91$ である。また、実験供試体の両端が試験機に剛結に接合できるように板厚19mmのエンドプレートを選けた。さらに、それらの端部に局部座屈の発生を避けるためのリブを選けた。

### (2) 材料特性

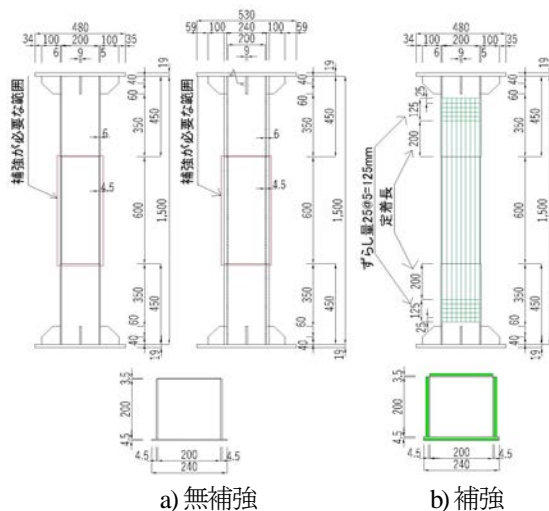


図-1 実験供試体

本研究で使用した材料諸元を表-1に示す。鋼材はSS400材を、CFRPシートは中弾性タイプを使用した。補修施工によく使用されている高弾性タイプと比較すると、中弾性シートの方が弾性係数は低いものの、引張強度が高いため、繰返し荷重下で発生する座屈に対する補強効果が期待できる。また、CFRPシートをエポキシ樹脂で鋼部材に接着した場合、座屈等の大変形が起きるとCFRPシートがはく離し、CFRPシートによる補強効果を十分に発揮できない。そのため、補強を行ったすべての実験供試体に対して、鋼材とCFRPの間にシートのはく離制御効果のあるポリウレアパテ（以下、パテ材とする）を挿入した。

### (3) 供試体パラメータ

本研究の交番載荷実験では、全面座屈、フランジ座屈およびウェブ座屈の3つのシリーズに対するCFRPシートの耐震補強効果の検討を行った。したがって、座屈部材と補強の有無を組み合わせた交番載荷実験は、表-2に示す合計7ケースを実施した。そして、補強有り供試体のフランジやウェブには、局部座屈の発生を抑えるために、中弾性CFRPシートを鋼換算板厚で1.5mmの増加を目標として積層した。この時、補強後のフランジとウェブの幅厚比パラメータは $R=0.68$ となった。表-2に示すように、CASE1は補強効果の比較を目的とした全

表-1 使用材料諸元

使用材料	弾性係数 (MPa)	降伏点 (MPa)	引張強度 (MPa)	ポアソン比
鋼材	4.5(mm)	$20 \times 10^6$	334	0.3
	6(mm)		289	
使用材料	弾性係数 (MPa)	引張強度 (MPa)	設計厚さ (mm)	
中弾性CFRPシート	$4.26 \times 10^6$	3925	0.165	
エポキシ樹脂	2488	73	0.5	
ポリウレアパテ	72	10	0.8	

表-2 実験供試体パラメータ

CASE	板厚 (mm)		破壊モード	幅厚比パラメータ R		CFRP補強量 (鉛直/水平)	
	WEB	FLG		WEB $R_w$	FLG $R_f$	WEB	FLG
1	60	60	全面降伏	0.68	0.68	無補強	
2	4.5	4.5	全面座屈	0.91	0.91	無補強	
3				0.68	0.68	6/6	6/6
4	60	4.5	フランジ座屈	0.68	0.91	無補強	
5					0.68	0	6/6
6	4.5	60	ウェブ座屈	0.91	0.68	無補強	
7				0.68		6/6	0

面降伏ケースであり、他のケースと違って板厚はウェブとフランジ両方 6mm とした。CASE2 は全面座屈先行となるよう、ウェブとフランジの板厚を 4.5mm とした。そして、CASE4 はフランジのみ座屈先行となるよう、フランジの板厚を 4.5mm、ウェブの板厚を 6mm とした。次に、CASE6 は、ウェブの板厚を 4.5mm、フランジの板厚を 6mm としたウェブ座屈先行のケースとした。

また、すべての補強有りのケースでは、図-1b) に示すように、鉛直方向 CFRP シートと水平方向 CFRP シートの 6 層を 200mm 定着長および 25mm ずらし貼りで貼付けを行った。CASE3 は全面座屈シリーズにおけるケースであり、ウェブとフランジ側の両方にずらし貼りで補強を行った。そして、CASE5 はフランジ座屈シリーズにおけるケースであり、フランジ側だけにずらし貼りで CFRP シートを貼付けた。最後に、CASE7 はウェブ座屈のシリーズにおける補強ケース、ウェブ側だけにずらし貼りでシートの施工を行った。

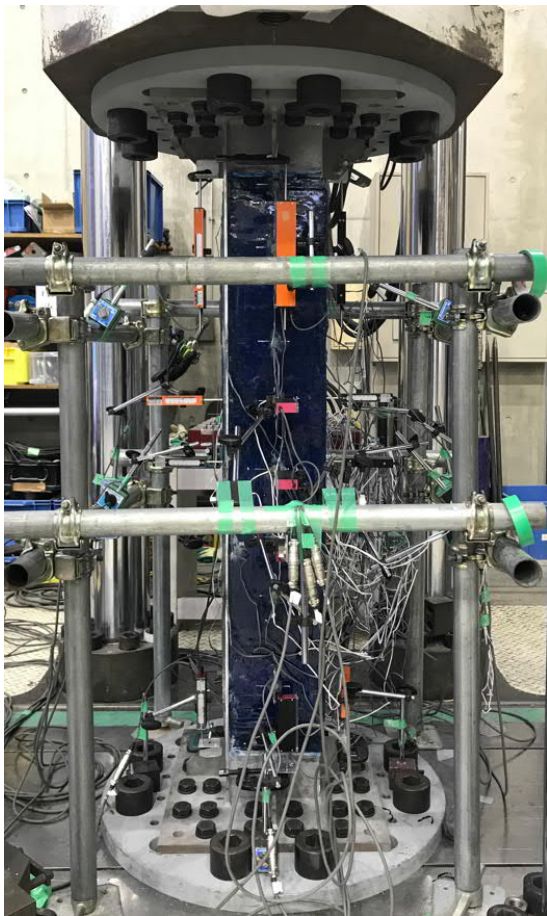


図-2 実験状況

#### (4) CFRPシート接着工法

CFRPシート接着工法の施工手順としては、まず鋼材表面の錆や汚れをグラインダーで除去後、表面にアセトン塗布した布で清掃して脱脂を行い、ウレタンプライマーを塗布した。次にパテ材の塗布を行うが、塗布量を均一にするために、使用重量を計測して施工厚さを平均 0.8mm となるように管理した。CFRPシートを貼付ける際には、含浸させるエポキシ樹脂を塗布した後、CFRPシートを供試体軸方向に貼付け、さらに含浸樹脂の上塗りを行い、ローラーで含浸を行った。この作業をCFRPの積層分繰返して施工した。

#### (5) 荷重方法

荷重方法は図-2 に表すように、3000kN 万能試験機を用いて、供試体の両端を高力ボルトで固定して荷重した。本荷重では、図-3 に示す通りの荷重パターンで、引張と圧縮の繰り返し交番荷重を  $\pm 6\delta_y$  まで行った。ここで、 $\delta_y$  は、各シリーズの無補強ケースにおいて理論計算から得られた降伏変位の値である。そして、引張材料実験から得られた 6mm と 4.5mm に対する鋼板の降伏点が変わるので、全面降伏と全面座屈シリーズに対しては  $\delta_y = 1.9\text{mm}$ 、ウェブとフランジ座屈シリーズに対しては  $\delta_y = 1.8\text{mm}$  であった。

#### (6) ひずみ・変位の計測方法

荷重中のひずみの計測は供試体のフランジとウェブにひずみゲージを貼付けて行った。

また、供試体の変形を測定するため、供試体の鉛直変位は着目部長さ 1300mm の区間の相対変位として、この区間 8 箇所に変位計を設置した。また、フランジの主要点における面外変位を計測し、局部座屈が生じる様子を確認した。

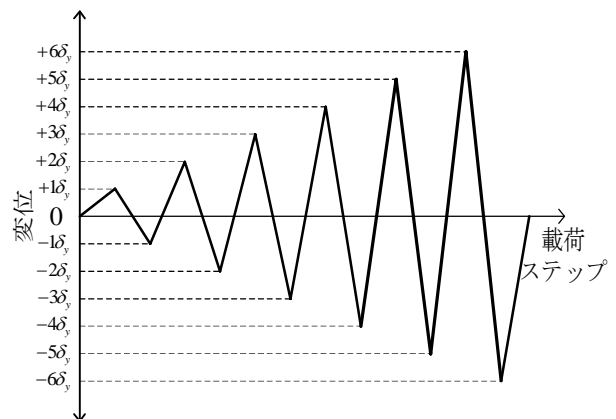


図-3 荷重パターン

### 3. 実験結果と考察

#### (1) 荷重と変位の関係

実験結果の一覧を表-3に、実験供試体の荷重-変位曲線を図-4に、荷重変位ピーク包絡線を図-5に示す。図-5から、全面降伏CASE1では、 $2\delta_y$ で局部座屈が発生しており、全面座屈シリーズの無補強CASE2では、 $1\delta_y$ の早期の段階で局部座屈が発生した。また、フランジ座屈とウェブ座屈のシリーズにおける無補強のCASE4とCASE6では、 $2\delta_y$ で局部座屈が発生することが確認された。さらに、早期の段階で局部座屈が発生したことにより、すべての無補強ケースの圧縮最大耐荷力は全面降伏CASE1と比較すると低下した。具体的に、CASE1に対する無補強のCASE2、CASE4、CASE6の圧縮最大耐荷力比は、それぞれ0.63、0.85、0.87であった。しかし、引張側においてすべての無補強ケースの引張耐荷力は圧縮側の局部座屈により大変形が発生しても、鋼材のひずみ硬化の影響により各載荷ループで増加傾向があった。

すべてのシリーズでは、実験供試体のフランジとウェブに鉛直方向と水平方向のCFRPシートを施工したこ

とにより、補強したケースのCASE3、CASE5、CASE7では、座屈のタイミングが $3\delta_y$ まで伸びた。また、引張側と圧縮側両方にすべての補強有りケースの最大耐荷力は、全面降伏CASE1より大きくなり、CASE1に対するこれらケースの最大耐荷力比は約1.08~1.19程度であることが確認された。さらに、シートのはく離制御効果のあるパテ材を使用したことによりCFRPシートのはく離と破断量が比較的少ないので、 $6\delta_y$ の最終載荷ループでも補強したすべてのケースの引張側耐荷力が増加し続けた。また、無補強の場合と補強有りの場合の最大耐荷力と変形挙動は、それぞれフランジ座屈とウェブ座屈のシリーズにおいて大きい差が確認されなかった。

#### (2) 破壊状況

供試体の交番載荷後の破壊状況を図-6に示す。全面降伏のCASE1では $2\delta_y$ の載荷ループから載荷点の付近に局部座屈により大変形が発生した。全面座屈シリーズの無補強のCASE2では、 $1\delta_y$ の載荷ループ以降で局部座屈により補強必要な範囲の中央の部分に大変形が発生した。

表-3 交番載荷の実験結果一覧

CASE	板厚 (mm)		破壊モード	引張側		圧縮側		圧縮側での最大荷重時の変位 $\delta_i$ (mm)	座屈のタイミング
	WEB	FLG		最大荷重 (kN)	CASE1に対する最大荷重比	最大荷重 (kN)	CASE1に対する最大荷重比		
CASE1	60	60	全面降伏	1451	1.00	1330	1.00	284	$2\delta_y$
CASE2	45	45	全面座屈	1233	0.85	839	0.63	1.77	$1\delta_y$
CASE3				1694	1.17	1578	1.19	4.64	$3\delta_y$
CASE4	60	45	フランジ座屈	1379	0.95	1132	0.85	2.17	$2\delta_y$
CASE5				1647	1.14	1528	1.15	4.00	$3\delta_y$
CASE6	45	60	ウェブ座屈	1402	0.97	1158	0.87	2.46	$2\delta_y$
CASE7				1621	1.12	1439	1.08	3.86	$3\delta_y$

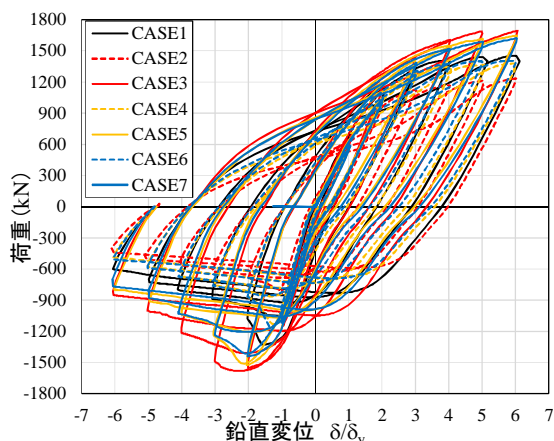


図-4 荷重 - 変位曲線

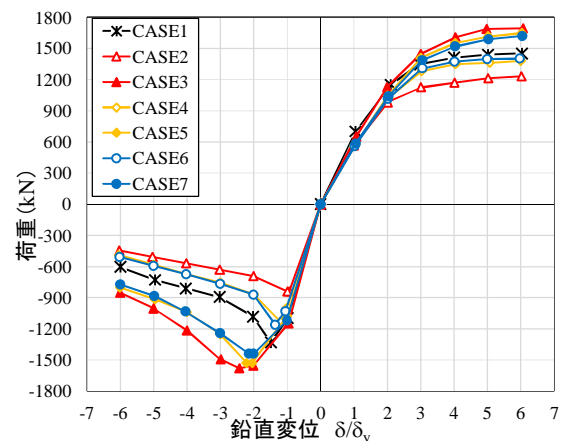
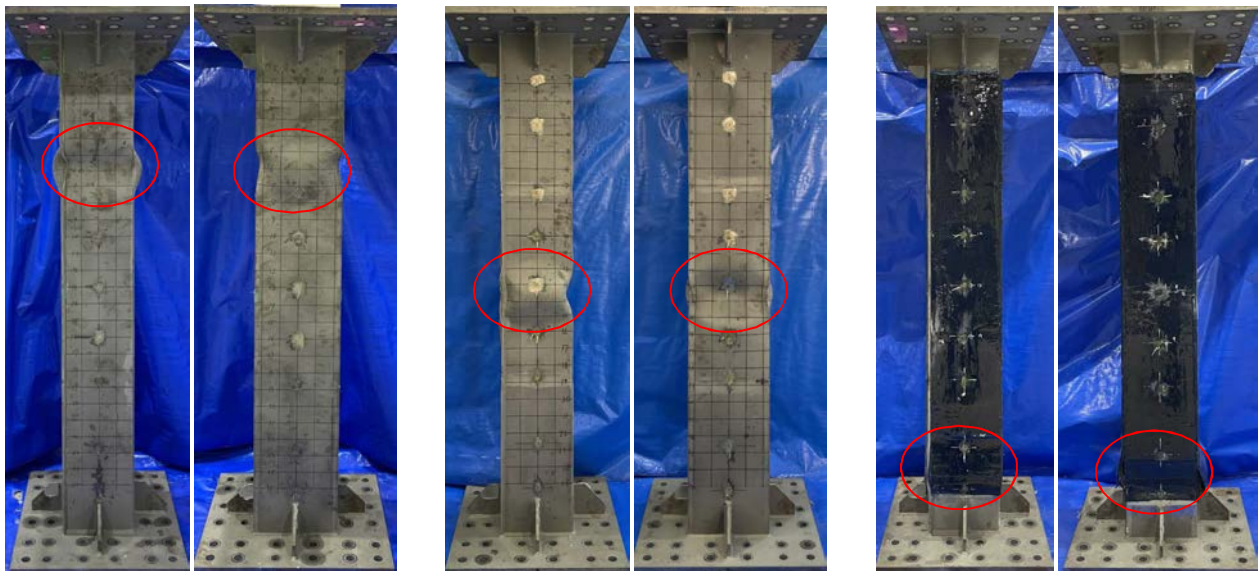


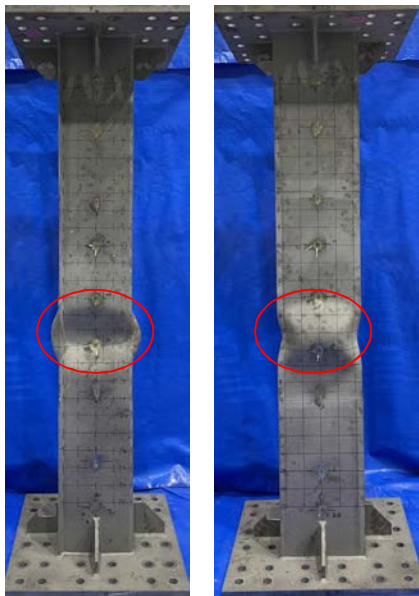
図-5 荷重変位ピーク包絡線



a) CASE1

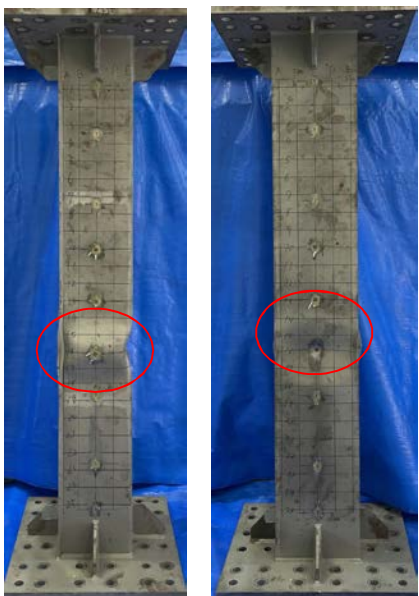
b) CASE2

c) CASE3



d) CASE4

e) CASE5



f) CASE6

g) CASE7

図-6 各供試体の破壊状況

フランジ座屈とウェブ座屈のシリーズの無補強のCASE4とCASE6では、 $2\delta$ の荷重ループ以降で補強が必要な範囲の中央の部分に大変形が発生した。しかし、全ての補強したケースのCASE3, CASE5, CASE7では、 $3\delta$ の荷重ループから局部座屈によりCFRPシートの端部など剛性が小さい範囲で大変形が発生した。そして、補強したケースでは、鋼部材の局部座屈によりシートの端部に大変形が発生しても、鋼材とCFRPの間にシートのはく離制御効果のあるパテ材を適用することによりCFRPシートの破断量が比較的少なく、鋼材とシート間の断面合成効果が最終荷重ループまで確保できた。

### (3) 塑性率の比較

表-4には、引張荷側と圧縮荷側における最大耐力時の変位を降伏変位 $\delta$ で除することにより求められる各実験供試体の塑性率( $\delta/\delta$ )を示す。表-4から、すべてのケースで引張側の塑性率が6.0であることが確認された。これは、鋼材のひずみ硬化影響とCFRPシートの補強効果により、各荷重ループで引張側耐力が増加し続ける傾向があったためであると考えられる。

圧縮側における各供試体の塑性率を見ると、補強が必要な範囲において早期の段階で大変形が発生したことにより、すべての無補強ケースのほうが全面降伏CASE1より0.62-0.92倍程度で低かった。しかし、フランジとウェブに鉛直方向と水平方向の両方におけるCFRPシートを貼付けたことにより、実験供試体の座屈のタイミングが $3\delta$ まで伸びたために、補強したケースの圧縮側の塑性率は全面降伏CASE1より大きくなり、全面降伏ケースに対して1.44-1.64倍程度で向上することが確認できた。そして、すべての補強有りケースの圧縮側の塑性率はほぼ等しくなった。

### (4) エネルギー吸収量

図-7には、図-4に示した各荷重ループの荷重変位関係の履歴曲線に囲まれた面積で計算された矩形断面下弦材供試体のエネルギー吸収量を示す。これは、繰り返し荷重下で塑性変形発生により外部へ散逸する評価対象下弦

材のエネルギー吸収量を表しており、地震エネルギーに対する矩形断面斜材の吸収能を意味する。図-7を見ると、すべてのケースのエネルギー吸収量は座屈のタイミングに関わらず増加した。そして、無補強ケースのエネルギー吸収量は全面降伏CASE1に比較すると各荷重ループで大幅に低くなった。さらに、全面座屈シリーズにおける無補強CASE2の方がフランジ座屈とウェブ座屈のシリーズでの無補強CASE4とCASE6よりエネルギー吸収量が低くなった。しかし、補強有りのケースでは、CFRPシートにより引張側と圧縮側の両方の最大耐力と塑性率が大幅に向上したために、これらのケースのエネルギー吸収量は全面降伏ケースより大きくなった。具体的に、最終荷重ループ( $\pm 6\delta$ )では、全面降伏CASE1および補強したCASE3, CASE5, CASE7のエネルギー吸収量は、それぞれ26.8kNm, 30.3kNm, 27.5kNmおよび27.9kNmであった。そして、この最終荷重ループでも、全面座屈とフランジ座屈とウェブ座屈などの各シリーズにおける補強後のエネルギー吸収量の増加率は、それぞれ69%, 31%および28%であった。

## 4. まとめ

本研究は、耐震補強が必要なトラス橋の矩形断面下弦材の供試体を用いて、座屈発生位置とCFRPシートによる補強の有無をパラメータとした交番荷重実験を行った。本研究により得られた知見は以下に示す。

- 1) 全面座屈シリーズの無補強ケースでは、 $1\delta$ の早期段階で局部座屈が発生し、フランジ座屈とウェブ座屈のシリーズにおける無補強ケースでは $2\delta$ で局部座屈が発生することが確認された。そして、この早期段階で座屈により大変形が発生したため、すべての無補強ケースの圧縮側最大耐力は全面降伏ケースと比べて大幅に低下した。
- 2) しかし、フランジとウェブに鉛直方向とともに水平

表-4 実験供試体の塑性率

CASE	板厚 (mm)		破壊モード	引張側の塑性率 $\delta/\delta$	圧縮側の塑性率 $\delta/\delta$
	WEB	FLG			
1	60	60	全面降伏	6.0	1.49
2	45	45	全面座屈	6.0	0.93
3				6.0	2.44
4	60	45	フランジ座屈	6.0	1.21
5				6.0	2.22
6	45	60	ウェブ座屈	6.0	1.37
7				6.0	2.14

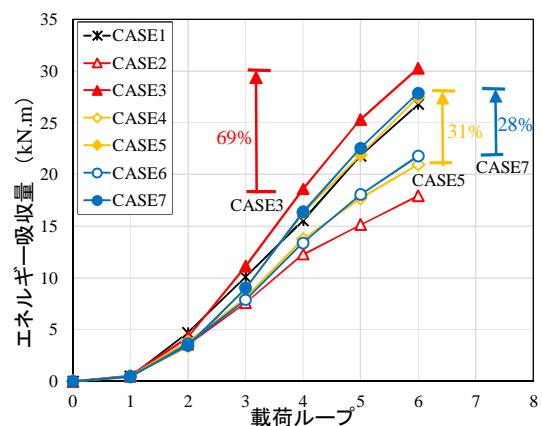


表-7 エネルギー吸収量

方向のCFRPシートを施工したことにより、すべての補強有りのケースでは座屈のタイミングが $3\delta$ まで伸びることが確認された。そのため、補強したケースの最大耐力は引張側と圧縮側の両方とも全面降伏ケースより大きくなり、この全面降伏ケースに対する補強有りケースの最大耐力比は1.08~1.19程度であった。

- 3) さらに、下弦材供試体にCFRPシートを貼付けたことにより、最大耐力が改善させるだけでなく、供試体の塑性率とエネルギー吸収量も大幅で向上した。具体的に、補強したケースの圧縮側の塑性率は全面降伏ケースより大きくなり、この全面降伏ケースに対して1.44~1.64倍程度に向上した。そして、最終載荷ループ ( $\pm 6\delta$ ) では、全面座屈とフランジ座屈とウェブ座屈などの各シリーズにおける補強後のエネルギー吸収量の増加率は、無補強ケースに対してそれぞれ69%、31%および28%であった。

今後の改題としては、FEM解析により鉛直方向シートに対する水平方向シートの積層数と補強効果の関係を明らかにする必要があると考える。

**謝辞:** 本研究の実験に際しては、研究当時ものつくり大学学生のガウチャン・リージャン氏にご協力いただきましたことを感謝致します。

#### 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，V耐震設計編，1996.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，V耐震設計編，1980.
- 3) 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.
- 4) 土木学会：FRP 接着による構造物の補修・補強指針（案），複合構造シリーズ09，2018..
- 5) Pham, N. V., and T. Miyashita. Nonlinear stress analysis for CFRP-sheet-bonded steel plates under uniaxial tensile loading, *Journal of the Japan Society of Civil Engineers*, Vol.8(1), pp.127-143, 2020.
- 6) Pham, N. V., T. Miyashita, K. Ohgaki, Y. Hidekuma, and T. Harada. Repair method and finite element analysis for corroded gusset plate connections bonded to CFRP sheets, *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, Vol.147(1), 04020310, 2021.
- 7) Pham, N. V., T. Miyashita, K. Ohgaki, Y. Okuyama, Y. Hidekuma, and T. Harada. Load-Carrying Capacity of Corroded Gusset Plate Connection and Its Repair Using CFRP Sheets, *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, Vol.147(6), 04021068, 2021.
- 8) Pham, N. V., K. Ohgaki, T. Miki, Y. Hidekuma, and S. Sakurai. Seismic retrofitting method using CFRP sheets for H-section steel beam with variable cross section, *Journal of Structural Engineering (ASCE)*, Vol.148(4), 04022004, 2022.
- 9) 下前照，大垣賀津雄，Ngoc Vinh PHAM，酒造敏廣，秀熊佑哉：鋼構造板厚変化部の CFRP 補強に関する基礎的実験と解析，土木学会，第 8 回 FRP 複合構造・橋梁シンポジウム論文集，2020.
- 10) PHAM NGOC VINH，大垣賀津雄，服部雅史，宮下剛，秀熊佑哉，櫻井俊太：トラス橋斜材の CFRP シートによる耐震補強に関する実験研究，土木学会，第 9 回 FRP 複合構造・橋梁シンポジウム論文集，2022.
- 11) 土木学会：座屈設計ガイドライン，鋼構造シリーズ 2，1987.
- 12) 奥山雄介，宮下剛，緒方辰男，藤野和雄，大垣賀津雄，秀熊佑哉，堀本歴，長井正嗣：鋼桁腹板の合理的な補修・補強方法の確立に向けた FRP 接着鋼板の一軸圧縮試験，構造工学論文集，Vol.57A, pp.735-746, 2011.
- 13) 宮下剛，若林大，秀熊佑哉，小林 朗，小出宜央，堀本歴，長井正嗣：高伸度弾性パテ材を用いた炭素繊維シート接着による鋼橋軸力部材の補修，土木学会論文集 A1，Vol.71，No.5，23-38，2015.
- 14) 若林大，宮下剛，奥山雄介，秀熊佑哉，小林朗，小出宜央，堀本歴，長井正嗣：高伸度弾性パテ材を用いた炭素繊維シート接着による鋼桁補修設計法の提案，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol.71，No.1，44-63，2015.
- 15) 西野晶弘，秀熊佑哉，宮下剛，奥山雄介，大垣賀津雄，小森篤也：ポリウレアパテの弾性係数の違いが CFRP 接着鋼板の応力伝達に与える影響，土木学会第7回FRP複合構造・橋梁に関するシンポジウム，2018.
- 16) 秀熊佑哉，櫻井俊太，大垣賀津雄，Ngoc Vinh PHAM，手塚渉太，服部雅史，長谷俊彦，宮下剛：引張を受ける H 形断面部材の CFRP シートによる耐震補強に関する実験的研究，土木学会第 76 回年次学術講演会，CS6-20，2021..
- 17) 秀熊佑哉，石川敏之：CFRP 接着鋼板における定着長不足が補強効果に与える影響，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.75，N0.5，19-26，2019.

(Received August 25, 2023)

## CYCLIC LOADING TEST ON REINFORCEMENT OF STEEL TRUSS BRIDGES RECTANGULAR-SECTION LOWER CHORD MEMBERS WITH CFRP SHEETS

Yuya HIDEKUMA, Kazuo OHGAKI, Takeshi MIYASHITA, Masafumi HATTORI,  
Genta GOTO, Shunta SAKURAI and Ngoc Vinh PHAM

Steel plate reinforcement using high tension bolts (HTB) is commonly used for seismic reinforcement of truss bridges. This method is difficult to construct because of the cross-sectional defects caused by bolt holes and the length of the bracing plate. Reinforcement using carbon fiber reinforced polymer (CFRP) is attracting attention because of its high strength, high elasticity, light weight, and non-corrosive properties compared to steel. CFRP has advantages such as no thermal effects on steel, no cross-sectional defects caused by bolt holes, and no need for large equipment or special skills for construction.

In this study, CFRP sheet reinforcement was applied to short column specimens, assuming rectangular cross section lower chord members, which require seismic reinforcement of truss bridges. The specimens were subjected to cyclic loading tests in which they were subjected to axial tensile and compressive forces, and the load-carrying capacity and energy-absorbing performance of the tensile and compressive sides were confirmed.