

(21) CFRPシートで補強した鋼トラス橋のH形断面斜材に対する交番載荷実験

後藤 源太¹・大垣 賀津雄²・宮下 剛³・服部 雅史⁴
秀熊 佑哉⁵・櫻井 俊太⁶・PHAM NGOC VINH⁷

¹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

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

³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

⁴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

⁵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

⁶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

⁷非会員 The University of Danang-University of Science and Technology, Vietnam, Faculty of Civil Engineering
Email: pnvinh@dut.udn.vn

本研究では、トラス橋の耐震補強が必要な H 形断面斜材の供試体に、引張と圧縮を受ける交番載荷を実施した。著者らの既往研究では、H 形断面斜材供試体のフランジの両面に部材軸方向のみの CFRP シートを施工した場合、フランジにおける局部座屈変形により圧縮耐力が 2δ で急激に低下することが確認された。そこで、本研究では、ガセットプレート部の施工性に配慮した貼付け方法と部材軸直角方向の CFRP シートの有無に着目し、耐荷性能の向上効果を交番載荷実験により検討した。検討の結果、部材軸直角方向の CFRP シートを施工することで、耐力が向上するとともに、面外変位が抑制され、フランジにおける座屈のタイミングが伸び、変形性能が向上することが分かった。

Key Words : *Steel truss bridges, Seismic retrofitting, CFRP sheets, H-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¹⁾。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ている。そのため、平成 8 年の道路橋示方書²⁾以前の基準³⁾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。とりわけ、常時荷重に対して引張を受ける部材として設計された斜材は薄肉の H 形断面で構成されており、現在の耐震設計基準で動的応答解析を行うと局部座屈に対する安全性が不十分であり、耐震性能が満足されないこととなる。

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、従来の高力ボルト (以下、HTB と記す) 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 CFRP シートであり、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対応することができる。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³⁾の発刊や、FRP 接着による構造物の補修・補強指針⁴⁾の整備に伴い、適用箇所が拡大している⁵⁾。

著者らの既往の研究¹⁰⁾で報告した実験結果のように、トラス橋の耐震補強が必要な H 形断面斜材の供試体のフランジの両面に供試体部材軸方向（以下、鉛直方向と記す）のみの CFRP シートを施工したことにより、補強した場合の引張載荷側と圧縮載荷側の最大耐力は、無補強と比較すると約 32% 向上することが確認できた。しかしながら、圧縮載荷側では、フランジにおける局部座屈変形により、すべての補強ケースの圧縮耐力が 2 δ で急激に低下した。

そこで、本研究では、H 形断面斜材ガセットプレート部の施工性に優れていることを検証した¹⁰⁾ CFRP シートの貼付け方法・供試体の部材軸直角方向（以下、水平方向と記す）の CFRP シートに着目し、実大試験体の交番載荷実験を行い、補強した試験体の耐荷性能の向上効果を検証した。

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。実験供試体は実橋と同様に H 形断面で局部座屈が発生するような部材寸法とした。実験供試体は、着目部のフランジ厚を 8mm で幅 250mm×長さ 1100mm としている。着目部の腹板厚はフランジと同じ 8mm とし、腹板の幅を 320mm、長さを 1100mm としている。そのため、フランジの幅厚比パラメータは $R=0.97$ 、腹板の幅厚比パラメータは $R=0.82$ で、フランジの局部座屈が先行する設計とした¹¹⁾。

(2) 材料特性

本研究で使用した鋼材、CFRP シート、樹脂およびパテ材の材料諸元を表-1 に示す。CFRP シートは中弾性シートタイプを使用しており、腐食部の補修施工によく使用されている高弾性シートタイプと比較して、中弾性シートタイプの方は引張強度が高いため、繰返し荷重で発生する座屈に対して補強効果が期待できる。また、CFRP シートをエポキシ樹脂で部材に接着した場合、座屈等の大変形が起きた際にシートがはく離し、その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、鋼部材と CFRP シートの間にはく離抑制効果のあるポリウレアパテ（以下、パテ材と記す）を挿入した¹²⁾¹⁵⁾。

(3) CFRP シート接着工法

CFRP シート接着工法の施工手順³⁾としては、初めに鋼材表面の錆や汚れをグラインダーで除去した後、アセトン塗布した布で鋼材表面を清掃して脱脂を行う。次に、ウレタンプライマーを塗布し、パテ材の塗布を行う。この際、塗布量を均一にするために使用重量を計測し、施工厚さを平均 0.8mm に管理する。CFRP シートを貼付ける際は、エポキシ樹脂を塗布した後、CFRP シートを鉛直方向に貼付け、さらにエポキシ樹脂の上塗りを行い、次の CFRP シートの貼付けを行う。シートの貼付けにおいては繊維方向に沿ってローラーで含浸を行う。この作業を CFRP の積層枚数分の施工を行うが、ケースによっては鉛直と水平方向シートを交互に貼付けて施工した。

(4) 供試体パラメータ

交番載荷実験の供試体パラメータを表-2 に示す。また、ガセット部の CFRP シート貼付け方法を図-2 に示す。補強有り供試体のフランジは、中弾性 CFRP シートの鋼換算板厚で 3mm の増加を目標とした。これは、局部座屈

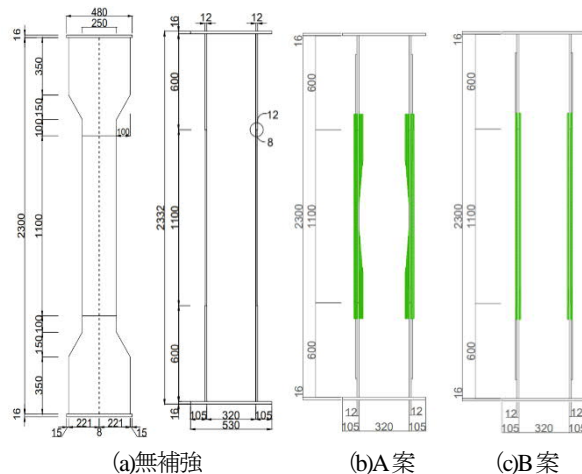


図-1 実験供試体

表-1 使用材料諸元

材料	鋼材 (SS400)	中弾性 CFRP シート	エポキシ樹脂	パテ材
弾性係数 (MPa)	2.0×10^5	4.26×10^5	2488	72
降伏点 (MPa)	310	-	-	-
引張強度 (MPa)	462	3925	73	10
設計厚さ (mm)	-	0.165	0.5	0.8
ポアソン比*	0.3	0.3	0.38	0.49
伸び (%)	28	-	-	431

* 実測値ではなく、計算上使用した値

の発生を抑えるためである。この際、補強後のフランジ幅厚比パラメータは $R=0.68$ となる。

CASE2, CASE3, CASE4 は図-2 (a) の A 案の施工方法を使用し, CASE5, CASE6 は図-2 (b) の B 案の施工方法を使用した。CASE2 は外側と内側に鉛直方向シートのみ貼付けを施工した。一方, CASE3 は外側を鉛直方向シートと水平方向シートを交互に貼付け, 内側を鉛直方向シートのみ貼付けを施工した。また, CASE4 は外側と内側に鉛直方向シートと水平方向シートを交互に貼付けを施工した。さらに, CASE5 は外側と内側に鉛直方向シートのみ貼付けを施工した。最後に, CASE6 は外側と内側に鉛直方向シートと水平方向シートを交互に貼付けを行った。

(5) 荷重方法

荷重方法は, 実験供試体の両端をボルトで固定し, 図-3に示すように, 3000kN万能試験機を用いて行った。図-4に示す通りの荷重パターンで, 引張荷重と圧縮荷重を繰り返しながら徐々に降伏変位 δ_y ずつ増加させていく荷重方法で実施した。この際に板厚減少区間1100mmにおける降伏変位 $\delta_y = 1.9\text{mm}$ は, 無補強時の鋼材断面における引張降伏荷重 $P_y = 2034\text{kN}$ (以下, 全塑性軸力と記す) に対する計算値である。

(6) ひずみ・変位の計測方法

荷重中のひずみの計測は実験供試体のフランジと腹板の表面および裏面の各所に1軸塑性ひずみゲージと2軸塑性ひずみゲージの貼付けを行い, 局部座屈が生じた瞬間を確認した。

また, 実験供試体の変形を測定するため, 板厚減少区間1100mmの相対変位とし, この区間両端フランジ4箇所 (合計8箇所) に変位計を設置し, 供試体の鉛直変位を確認した。また, フランジの主要点における面外変位と腹板の中央における面外変位を計測し, 局部座屈が発生する様子を確認した。

3. 実験結果と考察

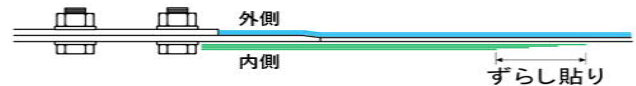
(1) 荷重と変位の関係

交番荷重から得られた荷重と鉛直変位の関係を図-5に, 荷重と鉛直変位のピーク包絡線を図-6に示す。また, 実験結果のまとめを表-3に示す。

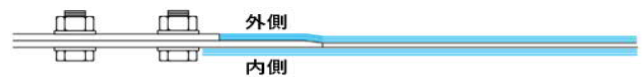
図-6 から, フランジの両面に CFRP シートを連続的に貼付けた B 案の CASE5 における $2\delta_y$ では, 無補強の全塑性軸力と比較すると引張耐荷力が約 31%, 圧縮耐荷力が約 17% 大きい値となることが確認できる。CASE5 は水平

表-2 実験供試体パラメータ

CASE	施工方案	貼付け方法					
		パテ	鉛直方向シート		水平方向シート		比率
			外面	内面	外面	内面	
1	無補強	-	-				
2	A 案	有	重ね貼り (12枚)		×	×	0
3					○	×	1
4					○	○	1
5	B 案	有	重ね貼り (6枚)		×	×	0
6					○	○	1

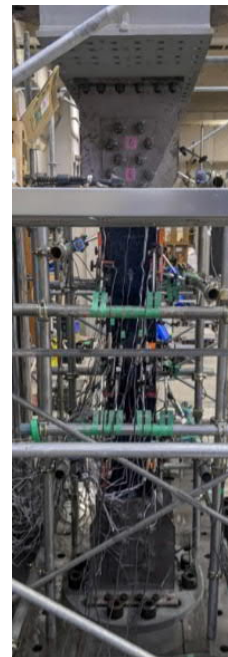


(a) A 案 (CASE2, CASE3 および CASE4)



(b) B 案 (CASE5 および CASE6)

図-2 ガセット部の CFRP シート貼付け方法



(a) フランジ面



(b) 腹板面

図-3 荷重実験状況

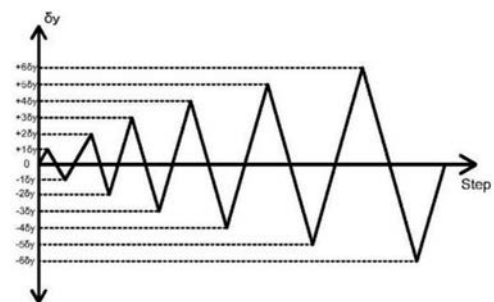


図-4 交番荷重実験の荷重パターン

表-3 交番载荷の実験結果一覧

载荷パターン	CASE1		CASE2		CASE3		CASE4		CASE5		CASE6	
	最大荷重 (kN)	破壊モード	最大荷重 (kN)	破壊モード	最大荷重 (kN)	破壊モード	最大荷重 (kN)	破壊モード	最大荷重 (kN)	破壊モード	最大荷重 (kN)	破壊モード
1	+ δ_y	1452		1951		1850		1846		1839		1780
	- δ_y	-1752	腹板座屈	-2201	腹板座屈	-2135	腹板座屈	-2256	腹板座屈	-2058	腹板座屈	-2141
2	+ $2\delta_y$	2100		2672		2695		2637		2666		2621
	- $2\delta_y$	-1894	フランジ座屈	-2623	フランジ座屈およびシート の破断	-2715		-2810		-2380	フランジ座屈およびシート の破断	-2481
3	+ $3\delta_y$	2150		2433		2894		2821		2811		2647
	- $3\delta_y$	-1419		-1672		-2751	フランジ座屈およびシート の破断	-2806	フランジ座屈およびシート の破断	-1660		-1732
4	+ $4\delta_y$	2185		2555		2772		2518		2625		2646
	- $4\delta_y$	-1358		-1514		-1764		-1510		-1495		-1560
5	+ $5\delta_y$	2220		2621		2661		2591		2701		2747
	- $5\delta_y$	-1296		-1398		-1502		-1291		-1364		-1415
6	+ $6\delta_y$	2263		2650		2652		2613		2733		2721
	- $6\delta_y$	-1218		-1315		-1356		-1145		-1259		-1300

方向シートを施工した CASE6 と比較して、耐荷力に大きな差が無かった。また、これらのケースの圧縮耐荷力はフランジの座屈により $2\delta_y$ で急激に低下している。さらに、フランジの座屈変形により $2\delta_y$ で CFRP シートの破断が生じている。したがって、 $2\delta_y$ 後の载荷ループで CASE5 と CASE6 の引張耐荷力も若干減少している。

また、図-6 から、水平方向シートのない A 案を施工した CASE2 では、無補強の全塑性軸力と比べて引張耐荷力と圧縮耐荷力がそれぞれ約 30% 大きい値となることが確認できる。しかしながら、シートを連続的に施工した CASE5 と CASE6 と同様に、CASE2 でも $2\delta_y$ で圧縮耐荷力が急激に低下し、供試体の中央部でシートが破断した。

一方、鉛直方向シートとともに水平方向シートの貼付けた A 案を施工した CASE3 の $3\delta_y$ では、水平方向シートの面外変位の抑制効果により、フランジにおける座屈のタイミングが $3\delta_y$ まで伸びている。したがって、CASE3 の $3\delta_y$ における引張耐荷力と圧縮耐荷力が全塑性軸力と比較してそれぞれ 42%、35% に向上されていることが分かった。また、CASE3 と CASE4 の最大耐荷力増加率と座屈発生のタイミングがほぼ同じであることが確認できた。

CASE3 と CASE4 と同様に水平方向シートを連続的に施工した CASE6 の圧縮耐荷力が向上できなかった原因については、板厚変化断面部の偏心モーメントの影響が考えられる。すなわち、供試体の板厚変化断面部（変化板厚 4mm）で CASE6 での補強量が鋼換算板厚 3mm（CFRP シート 12 層相当）のみである一方で、CASE3 と CASE4 での補強量は鋼換算板厚 3mm については共通しているものの、フランジの内側（板厚変化部の範囲で）にシートを部分的に追加施工したことにより板厚変化部の偏心モーメントの影響を低減していると考えられる。

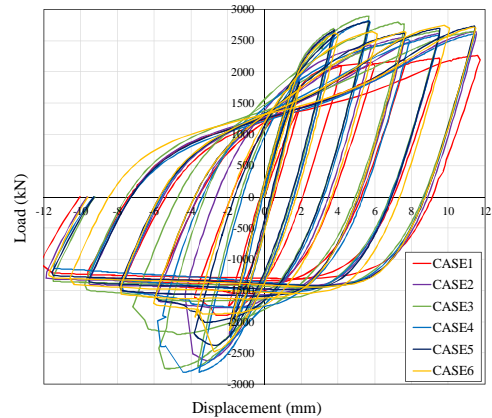


図-5 荷重-変位関係曲線

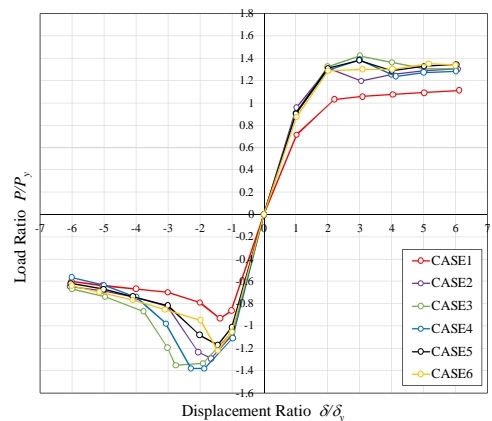


図-6 荷重変位ピーク時包絡線

(2) 破壊状況

供試体の交番载荷後の破壊状況の写真を図-7 に示す。実験結果の表-3 から、すべての供試体は初期の破壊モードとして 1δ で腹板に座屈が発生することが確認できる。しかしながら、腹板における座屈は供試体の耐荷力を低減させず、 2δ 以降でフランジの座屈が発生して、耐荷力が低下している。無補強の CASE1 と補強した CASE2

～CASE6 の破壊モードは類似しており、供試体の任意の箇所断面で腹板の凹みと連動し上下フランジに面外局部座屈が生じていることがわかる（図-7 の赤丸）。また、部材断面は部材軸方向 1100mm の範囲で同一であるが、任意の 1 箇所でも局部座屈が生じることがわかる。また、補強したフランジでは、CFRP シートの破断が発生している。



図-7 供試体の破壊状況

(3) 塑性率の比較

表-4には、引張载荷側と圧縮载荷側における最大耐力時の変位を降伏変位 δ_y で除することにより求められる各実験供試体の塑性率 (δ_f/δ_y) を示す。

引張側における各実験供試体の塑性率を見ると、CASE2 の引張側における塑性率は、CASE1 とほぼ同程度であることが分かる。これは、 $2\delta_y$ の载荷ループでの面外変形により CFRP シートの大部分が破断し、水平方向シートがないことから、その破断が残りの载荷ループでの引張耐力の減少に直結したためと考えられる。一方で、CASE3 と CASE4 では、フランジの座屈のタイミングが $3\delta_y$ まで伸びたことにより、引張側の塑性率が 3.0 に向上した。このことから、水平方向シートの存在により座屈後の挙動が靱性的となることが分かる。また、CASE5 および CASE6 においては、 $2\delta_y$ の载荷ループでフランジの座屈により CFRP シートが一部破断し、CASE3 と CASE4 と同様に、引張側の塑性率が約 3.0 に向上した。

圧縮側における各実験供試体の塑性率を見ると、圧縮载荷側の面外変形挙動が抑制できなかったことにより CASE2 および CASE5 と CASE6 の塑性率は CASE1 (無補強) とほぼ等しくなった。一方で、CASE3 と CASE4 の塑性率は、水平方向シートを用いて A 案で施工することによって、フランジにおける面外変位を抑制でき、CASE1 (無補強) の塑性率 1.37 に対してそれぞれ 2.76、2.29 に向上していることが確認できる。

(4) エネルギー吸収量

図-8には、図-5に示した各载荷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した各供試体のエネルギー吸収量を示す。

図-8より、载荷ループの数が増加するとともにすべての実験供試体のエネルギー吸収量は、補強の有無に関わらずに線形的に増加することが分かる。そして、すべての補強有りケースのエネルギー吸収量は CASE1 (無補強) と比べて各载荷ループで向上していることが確認できる。

また、最終载荷ループ ($\pm 6\delta_y$) では、エネルギー吸収量は CASE1 (無補強) で 48.1 kNm であるのに対して、水平方向シートを施工した CASE3、CASE4 および CASE6 ではそれぞれ 53.1 kNm、52.0 kNm、51.8 kNm であり、その増加率はそれぞれ 12%、8%、8%であった。このことから、CFRP シートで補強することで、塑性率の向上ほど大きくないものの、エネルギー吸収量が 1 割程度は増加可能であると考えられる。ただし、今回の実験では、繰返し回数を 1 回のため、繰返しに対する挙動の安定性という観点での評価 (载荷ループのエネルギー吸

表-4 実験供試体の塑性率

CASE	貼付け方法		引張側 塑性率 δ_f/δ_y	圧縮側 塑性率 δ_f/δ_y	
	施工案	鉛直方向 シート			水平方向 シート
1	無補強	-	-	2.20	1.37
2	A 案	重ね貼り (12層)	なし	2.01	1.66
3			外面のみ	3.00	2.76
4			外面および内面	3.00	2.29
5	B 案	重ね貼り (6層)	外面のみ	2.98	1.45
6			外面および内面	3.00	1.44

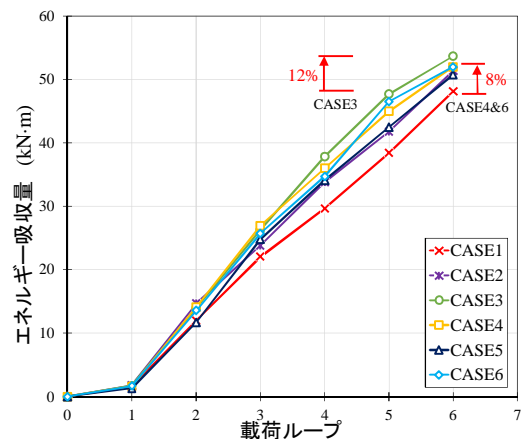


図-8 エネルギー吸収量

収量の 2 回目と 3 回目との比較) については今後の課題であると考えられる。

4. まとめ

本研究は、耐震補強が必要なトラス橋のH形断面の斜材を対象に、ガセットプレート部におけるCFRPシートの貼付方法 (A案, B案) と水平方向シートの有無に着目し、実大の供試体に対する引張と圧縮を受ける交番载荷を行い、耐震補強効果を確認した。本研究で得られた知見は以下のとおりである。

- (1) 補強有りのケースは全塑性軸力に対する引張耐力力が31%~42%に上昇し、圧縮耐力力が17%~38%に上昇した。
- (2) A案を施工したCASE2とCASE3とCASE4の方が連続的に施工したCASE5とCASE6より耐力増加率が高かった。
- (3) フランジの両面にシートを連続的に施工したCASE5とCASE6では、水平方向シートの有無に関わらず、フランジにおける座屈が $2\delta_y$ で発生して、圧縮耐力力

が急激に低下した。水平方向シートを追加して連続的に施工したにもかかわらず、CASE6での圧縮耐荷力が向上できなかった原因が、“板厚変化断面部の偏心モーメントの影響”かどうかの検討については今後の課題であると考え。

- (4) 水平方向シートを貼付けていないA案で施工したCASE2は、 2δ で圧縮耐荷力が急激に低下して、供試体の中央部でシートが破断した。
- (5) 一方、鉛直方向シートとともに水平方向シートを貼付けてA案で施工したCASE3とCASE4では、水平方向シートの面外変位の抑制効果により、フランジにおける座屈のタイミングが 3δ まで伸びた。これらのケースでは、耐荷力の増加率が高く引張耐荷力と圧縮耐荷力が全塑性軸力に対してCASE3のそれぞれ約40%向上した。
- (7) 水平方向シートを用いてフランジにおける面外変位の抑制効果を発揮したことにより、A案を施工したCASE3とCASE4の塑性率はCASE1（無補強）の塑性率1.37に対してそれぞれ2.76、2.29に向上した。
- (8) 載荷ループの数が増加するとともにすべての実験供試体のエネルギー吸収量は補強の有無に関わらず、ほぼ線形的に増加することが分かった。そして、鉛直方向シートとともに水平方向シートを貼付けることでA案を施工したCASE3とCASE4のエネルギー吸収量の増加率は、CASE1（無補強）に対してそれぞれ12%、8%であった。

以上のことを踏まえて、今後の発展として、本検討で得られた補強効果が、全体座屈と局部座屈の連成座屈する長柱や繰返し回数が複数回の場合においても同様に発揮されるかどうか、検証を進める予定である。

謝辞：本研究の実験に際しては、研究当時ものづくり大学建設学科の廣野皓大君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) 大垣賀津雄，PHAM NGOC VINH，服部雅史，宮下剛，秀熊佑哉，櫻井俊太：CFRPシートによるトラス橋H形断面斜材の耐震補強に関する実験的研究，土木学会論文集，Vol.79，No.14，2023
- 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，pp.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，pp.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。

(Received August 25, 2023)

CYCLIC LOADING TESTS ON REINFORCEMENT OF STEEL TRUSS BRIDGE H-SHAPED DIAGONAL MEMBERS WITH CFRP SHEETS

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

The use of carbon-fiber-reinforced polymer (CFRP) as a strengthening material for aging-steel-structural members in seismic retrofitting has become an increasingly important area of interest. This study conducted cyclic loading tests on tension diagonal members of steel truss bridges to evaluate the effectiveness of CFRP-retrofitting methods.

In this study, we used a sheet attachment method that has excellent workability for the H-shaped diagonal gusset plate, which was clarified in previous studies. In addition, the effect of improving deformability of the reinforced specimen was investigated by adding the CFRP sheet in the direction perpendicular to the diagonal direction as a parameter.