

CFRP シート工法により補強した鋼 H 形断面部材の繰返し交番载荷実験

高速道路総合技術研究所 正会員 ○長谷俊彦, 服部雅史, 手塚渉太
ものづくり大学 正会員 大垣賀津雄, PHAM NGOC VINH
長岡技術科学大学 正会員 宮下剛
日鉄ケミカル&マテリアル 正会員 秀熊佑哉, 櫻井俊太

1. はじめに

阪神淡路大震災後の道路橋示方書¹⁾以前に設計施工されたトラス橋の上部工耐震性能照査では、動的応答解析等による断面照査を行うと、斜材等の部材の一部において、建設当時の設計を満足するものより更なる耐震補強が必要となる場合がある。このような場合に、耐震補強は高力ボルトによる当て板補強などを行うケースが一般的である。一方、鋼構造物の補修・補強方法として、高強度、軽量、腐食しないことから、CFRP シート工法が注目されている²⁾。

本研究では、耐震補強が必要となるトラス橋の鋼 H 形断面部材を対象に、CFRP シート工法の適用性を評価するため、引張と圧縮の繰返し交番载荷実験を実施し、CFRP シートの補強効果について終局状態までの性状を確認した。

2. 実験概要

実験供試体の概要図を図-1、実験供試体の比較条件を表-1に示す。鋼材、CFRP シート等の材料諸元を表-2に示す。実験供試体は、局部座屈を発生させるため、着目部の断面はフランジ厚 9mm で幅 290mm×長さ 600mm で、幅厚比パラメータは $R=0.91$ としている。引張強度が高い中弾性 CFRP シート(一方向)を使用し、フランジの表面に繊維方向が载荷軸方向と平行になるよう CFRP シートを貼り付けている。補強後の着目部は局部座屈の発生を抑えるため、CASE2,3 の補強量を鋼換算で 3mm($R=0.68$)、CASE4 は 2.6mm($R=0.70$)とし、局部座屈が発生しにくいシート層数を決定している。なお、ポリウレアパテによる応力低減を考慮している。

载荷方法として図-2に示すとおり 3000kN 万能試験機で両端をボルトで固定し、図-3に示す载荷パターン($\delta y = 0.60$ mm, $P_y = 2155$ kN)で、引張と圧縮の繰返し交番载荷を行った。

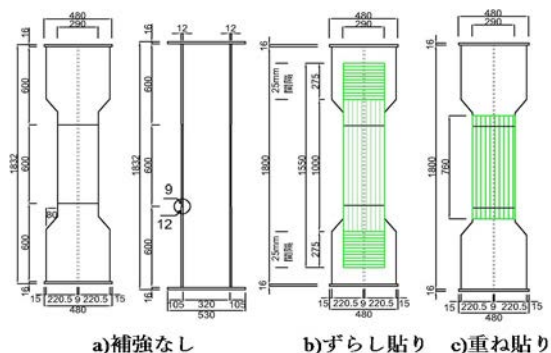


図-1 実験供試体

表-1 実験供試体の比較条件

CASE	補強材料	貼り付け方法	
		フランジ	腹板
1	補強なし	—	—
2	CFRP シート(中弾性) ポリウレアパテ有り	ずらし貼り(12層)	補強なし
3		重ね貼り(12層)	
4		重ね貼り(10層)	

表-2 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(SS400)	2.0×10^5	266	427	0.3
使用材料	弾性係数 (MPa)	引張強度 (MPa)	設計厚さ(mm)	
中弾性シート	3.90×10^5	2900	0.165	
エポキシ樹脂	2646	59	0.5	
ポリウレアパテ	67	10	0.8	



図-2 载荷状態

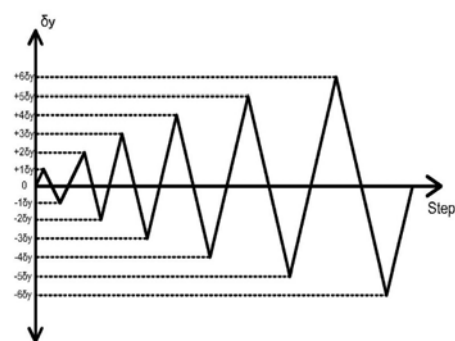


図-3 载荷パターン

キーワード CFRP シート, 補強, 引張強度, 降伏強度

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 榊高速道路総合技術研究所 TEL 042-791-1943

3. 実験結果

(1) 最大荷重

表-3 に最大荷重と座屈状況を示す。交番载荷の引張側強度増加率は、補強なしの CASE1 と比べ、ずらし貼りの CASE2 が最も高く、耐荷力が 24% 向上した。圧縮側強度増加率は、引張側と同様に CASE2 が最も高く、耐荷力が 26% 向上した。CASE4 は CASE2,3 と比べ補強量が少ないため強度増加率が低くなっていることがわかる。また、ポリウレアパテの効果により座屈発生まで CFRP シートははく離せず、終局状態まで鋼断面と一体化している状況を確認した。

(2) 鉛直変位

繰返し载荷の荷重と鉛直変位の関係を図-4 に、そのピーク包絡線を図-5 に示す。CASE2~4 のピーク包絡線は類似していることが分かる。また、補強なしの CASE1 が $-2\delta_y$ で座屈したのに対し、CASE2~4 はいずれも $-4\delta_y$ まで座屈せず、CASE3,4 はフランジ座屈後に急激な荷重低下を起さず CFRP シートによる粘り強さが確認された。このように補強ありの座屈発生が遅くなり、かつ座屈発生後においても CFRP シートによる補強効果が確認できたといえる。

(3) 交番载荷における除荷時の荷重ひずみ剛性

繰返し载荷の引張側と圧縮側の降伏ループ毎に最初の除荷時における荷重とひずみの関係から、除荷時の剛性として評価することとし、図-6 に算出した結果と実験結果を示す。図中の赤色破線は、無補強の鋼材における理論値、青色破線は CFRP シートで補強された鋼部材の合成断面の理論値である。引張側の実験結果は理論値と概ね一致した。圧縮側は CASE1 を除き理論値に対して乖離が見られ、CASE2 では理論値よりも大きい値となった。

4. まとめ

- (1) 補強なしの CASE1 よりずらし貼りで補強した CASE2 の耐荷力が約 $\pm 25\%$ 向上した。
- (2) ポリウレアパテの効果で CFRP シートがはく離せず、降伏後において座屈発生まで補強効果を確認することができ、座屈後もじん性の向上が確認できた。
- (3) 交番载荷ループ引張側の除荷剛性は、合成断面の理論値と概ね一致したが、圧縮側の除荷剛性の実験値と理論値の乖離について、実験結果の分析を行う予定である。

【参考文献】

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2002。
- 2) (株)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。

表-3 最大荷重と座屈状況

CASE	補強工法	最大荷重 (kN)		強度増加率 (%)		フランジ座屈
		正	負	正	負	
1	補強なし	2427	-2244	0	0	$-2\delta_y$
2	ずらし貼り(12層)	3000	-2838	24	26	$-4\delta_y$
3	重ね貼り(12層)	2902	-2610	20	16	$-4\delta_y$
4	重ね貼り(10層)	2799	-2522	15	12	$-4\delta_y$

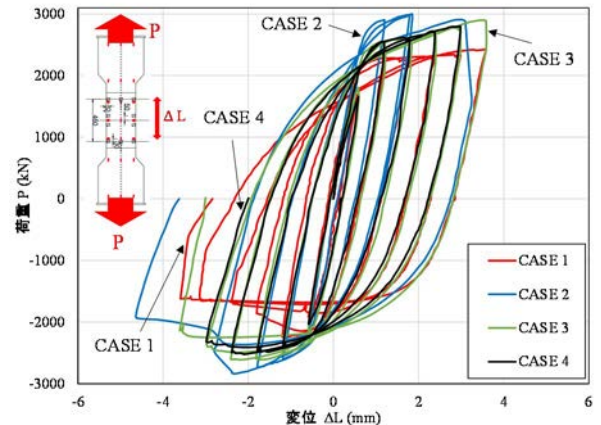


図-4 荷重—鉛直変位の関係

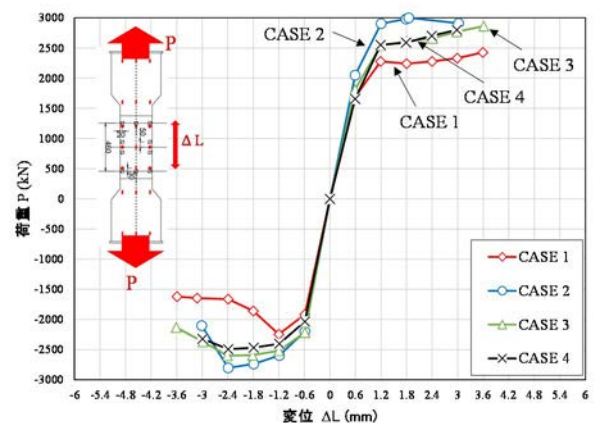


図-5 最大鉛直変位の包絡線

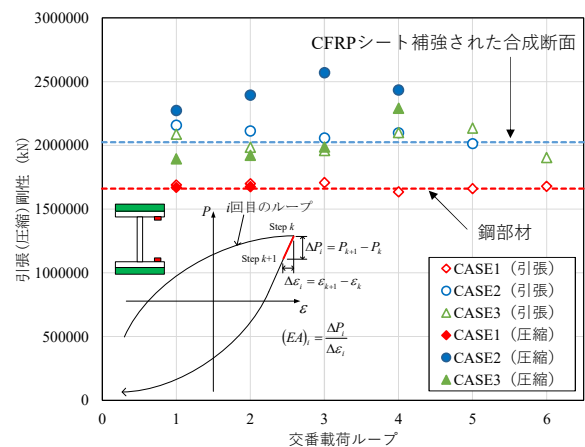


図-6 交番载荷ループ除荷時の剛性