

トラス橋 H 形断面斜材の CFRP シートによる補強に関する交番載荷実験

ものづくり大学

学生会員 ○廣野 皓大

ものづくり大学 正会員 大垣 賀津雄, PHAM NGOC VINH

日鉄ケミカル&マテリアル 正会員 秀熊 佑哉, 櫻井 俊太

高速道路総合技術研究所 正会員 服部 雅史, 後藤 源太

長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛

1. はじめに

近年、トラス橋の斜材等部材の一部は、耐震性能の面で耐荷力不十分な状態が見受けられ、大規模地震時に崩壊の恐れもある。その補強に鋼材と比べて高強度、高弾性、軽量、腐食しないという材料特性を持つ CFRP（炭素繊維強化ポリマー）を用いた補強工法が注目されている。本研究では、引張力に対して設計された H 形断面のトラス橋斜材を想定した部材に CFRP シートによる補強を行い、引張力と圧縮力の交番載荷実験を行い、その耐荷力やエネルギー吸収性を調査した¹⁾。

2. 実験概要

本研究での実験供試体を図-1 に、ガセット部の CFRP シート貼付け方法を図-2 に示す。また、実験供試体パラメータを表-1 に、鋼材や CFRP シート、樹脂の材料諸元を表-2 に示す。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。補強ありの供試体には、フランジに中弾性 CFRP シートで補強している。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。載荷方法は図-3 で示すように、3000kN 万能試験機で両端をボルト固定し、図-4 の載荷パターン（ $\delta_y=1.9\text{mm}$ ）で、引張と圧縮の繰り返し交番載荷を行った。

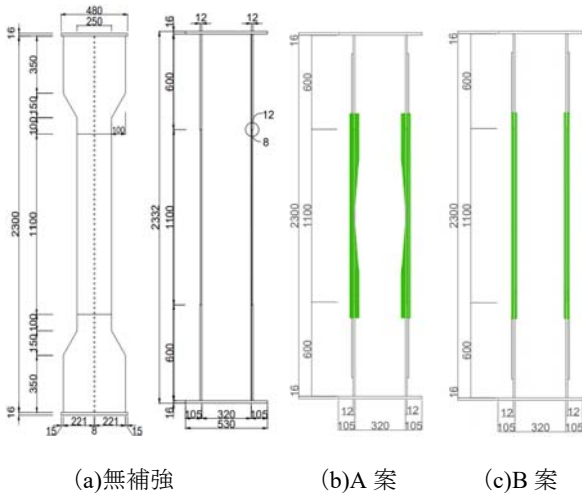


図-1 実験供試体

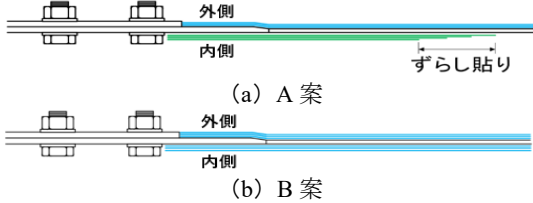


図-2 ガセット部の CFRP シート貼り付け方法

表-1 実験供試体パラメータ

CASE	供試体名	補強材料	貼付け方法				
			パテ	鉛直方向シート		水平方向シート	
				外面	内面	外面	内面
1	N	無補強	-	-	-	-	-
2	A-0	CFRP シート (中弾性)	有	○ (12 枚)	-	×	×
3	A-1				-	○	×
4	A-2				-	○	○
5	B-0			○ (6 枚)	-	×	×
6	B-1				-	○	○

表-2 使用材料諸元

使用材料	鋼材(SS400)	中弾性シート	エポキシ樹脂	ポリウレタパテ
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

キーワード トラス橋, 斜材, 耐震補強, CFRP, H 形断面, 局部座屈
連絡先 〒361-0038 埼玉県行田市前谷 333 番地 ものづくり大学 建設学科 TEL048-564-3907



図-3 実験状況

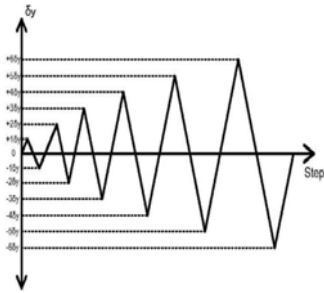


図-4 荷重パターン

3. 実験結果

実験結果の一覧を表-3に示す. 荷重-変位関係曲線を図-5に, 荷重変位ピーク包絡線を図-6に示す.

図-6 から, フランジの両面に CFRP シートを連続的に施工した CASE5 と CASE6 では, 無補強と比較すると引張耐力力が約 31%, 圧縮耐力力が約 26%増加することが確認できた. しかし, CASE5 と CASE6 の耐力力増加効果と変形挙動は水平方向シート施工の有無に関わらず, 大きな差はなかった. また, これらのケースの圧縮側が 2 δ_y でフランジの座屈により急に耐力力が低下しており, その際フランジの座屈変形により CFRP シートの破断が生じている. このため, 2 δ_y 後の荷重ループで CASE5 と CASE6 の引張耐力力も低下している.

水平方向シートがない A 案を施工した CASE2 では, 無補強の CASE1 と比べて引張耐力力と圧縮耐力力がそれぞれ約 27%と 39%増加することが確認できた. しかし, シートを連続的に施工した CASE5 と CASE6 と同様に, CASE2 でも 2 δ_y で圧縮耐力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.

一方, 鉛直方向シートとともに水平方向シートの貼付けで A 案を施工した CASE3 と CASE4 は, 水平方向シートの外面変位制御効果によりフランジの座屈タイミングが 3 δ_y まで伸びたことが確認できる. 従って, CASE3 と CASE4 は補強効果が最も高く, 引張耐力力と圧縮耐力力が無補強と比較して, それぞれ約 34%と 45%に改善されたことが確認できる. このように, CASE3 と CASE4 の最大耐力力増加率とエネルギー吸収性が改善されることが確認できた.

4. まとめ

鉛直方向シートと水平方向シートの貼付けで A 案を施工した CASE3 と CASE4 では, 水平方向シートの外面変位制御効果を発揮するので, 引張載荷側と圧縮載荷側に最大耐力力とエネルギー吸収性の改善

効果が最も高くなることや, フランジの座屈発生タイミングが 3 δ_y まで伸びることが分かった.

水平方向シートを追加して連続的に施工した CASE6 での圧縮耐力力が改善できなかった原因については, FEM 解析で明らかにする必要がある.

参考文献

1) 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(21), 2022.11.

表-3 実験結果一覧

CASE	補強工法	最大荷重 (kN)		最大耐力力増加率 (%)		崩壊モード フランジ座屈のタイミング
		正	負	正	負	
1	無補強	2100	-1894	0	0	-2 δ_y
2	CFRP シート	2672	-2623	27	39	-2 δ_y
3		2894	-2751	38	45	-3 δ_y
4		2821	-2810	34	48	-3 δ_y
5		2811	-2380	34	26	-2 δ_y
6		2747	-2481	31	31	-2 δ_y

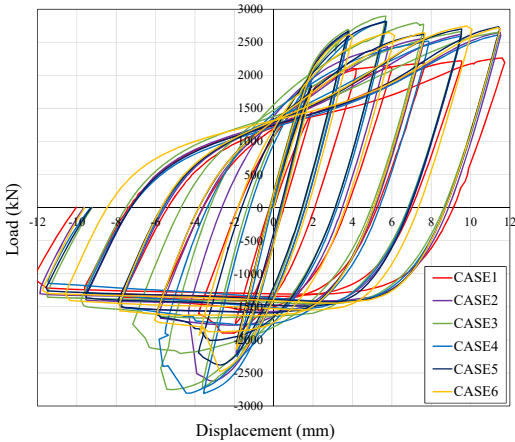


図-5 荷重-変位関係曲線

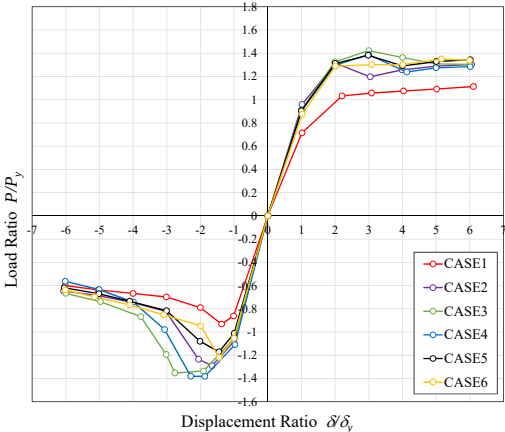


図-6 荷重変位ピーク時包絡線