

## 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

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

## 1. はじめに

常時荷重で設計されたトラス橋の斜材等は, 支間中央部付近で応力に余裕があることから, 最小断面で設計されている. しかしながら, 阪神淡路大震災後の道路橋示方書<sup>1)</sup>改訂により, 従来の修正震度法から動的応答解析等による断面設計が標準になっており, これらの部材は耐荷力不足の状況にある. このような場合の耐震補強は, HTB による当て板補強を行うケースがほとんどである. 一方, 鋼構造物の補修・補強材料として, 高強度, 軽量, 高耐久性を有する CFRP シート接着工法が, 当て板工法の代替として注目されている<sup>2)</sup>.

本研究では耐震補強が必要なトラス橋の引張部材である H 形断面部材を CFRP シート接着補強する場合の, 補強効果および端部定着方法の検討を行うため, 引張軸力の単調載荷実験を実施した.

## 2. 実験概要

実験供試体を図-1 に, 実験供試体パラメータを表-1 に示す. 鋼材, CFRP シート, および樹脂の材料諸元を表-2 に示す. 実験供試体の試験区間のフランジは厚さ9mmで幅290mm, 長さ600mmとし, その幅厚比パラメータは  $R=0.91$  としている. 補強材料には引張強度が高い中弾性 CFRP シートを使用した. CASE2,3 の補強量は鋼換算で鋼3mm相当である12層とした. ここで, 文献2)に従い鋼換算の際にポリウレアパテによる応力低減係数を考慮しているが, 文献2)には高弾性での値のみしか記載がないため, 中弾性での応力低減係数は文献2)と同じ方法にて事前に算出し,  $C_n=0.81$  としている. 補強後の着目部の幅厚比パラメータが CASE2,3 は  $R=0.68$  となる.

またシート端部は, 文献2)に従い, CASE2 はずらし貼りを行った. CASE3 は端部のずらし貼りを確保できない場合を想定して, 端部を同じ箇所を重ねて貼り付けた. 載荷方法は, 3000kN 万能試験機で両端をボルトで固定し, 単調引張にて載荷した.

## 3. 実験結果

## (1) 破壊荷重と鉛直変位

破壊モードと破壊荷重について, 表-3 に示す. すべてのケースにおいて鋼材の降伏が先行する破壊となり, CASE3 では, シート縁端付近のフランジが降伏後, CFRP シートの端部の一部に剥離破壊が確認

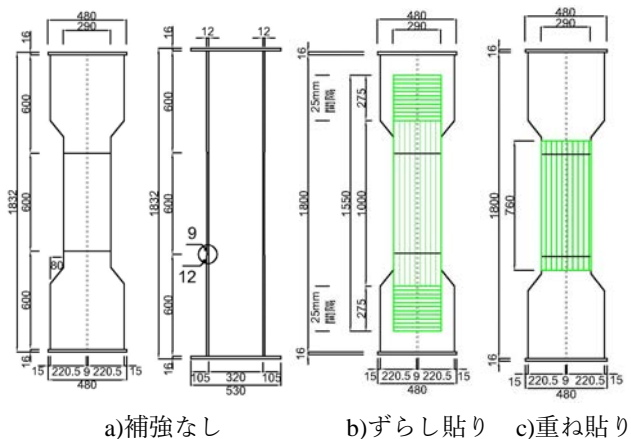


図-1 実験供試体

表-1 実験供試体パラメータ

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)	ずらし貼り(12層)	補強なし
3	ポリウレアパテあり	重ね貼り(12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)	$2.0 \times 10^5$	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	$4.26 \times 10^5$	4014	0.165	
エポキシ樹脂	2646	59	0.5	
ポリウレアパテ	67	10	0.8	

キーワード CFRP シート, 補強, 引張強度, 降伏強度  
連絡先 〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-13-1 日鉄ケミカル&マテリアル(株)

TEL: 03-3510-0341

された。試験機の載荷容量が 3,000kN であることから CASE2 は CFRP シートの剥離などの破壊まで至っていない。降伏荷重の増加は、CASE2 のずらし貼りで 22% 増加、CASE3 の重ね貼りでも降伏が 4% であることがわかった。中弾性 CFRP シート 12 層補強後の断面積は補強前断面積の 1.224 倍であるため、CASE2 の補強効果はおおよそ理論値通りであることがわかる。

荷重と鉛直変位の関係を図-2 に示す。同図より、CASE2 が最も変位が小さく、降伏荷重が大幅に上昇していることがわかる。このことから、CFRP シートで補強することによって降伏強度が上昇し、伸び変形を抑えることができるといえる。

(2) ひずみ分布

図-3 に供試体のひずみゲージ貼付け位置を示す。供試体中央の板厚減少区間 600mm の上端、中央、下端断面の、内面（鋼材表面）、外面（CFRP シート表面）にひずみゲージを貼り付けている。板厚減少区間中央断面の、鋼材ひずみおよび CFRP シートひずみの平均値を図-4 に示す。同図より、無補強の CASE1 の初期の傾きは補強なしの計算値とほぼ一致する。徐々に理論値よりひずみが大きくなるのは、残留応力の影響と考えられる。また、ずらし貼りの CASE2 の初期の傾きは補強ありの計算値とほぼ一致する。一方、重ね貼りの CASE3 については内側の鋼材ひずみが補強ありと補強なしの中間程度の値であり、外面の CFRP シートひずみは補強ありの合成断面より小さな値になっている。接着長が短いため CFRP シートへのひずみ伝達が十分ではなく、弾性合成のような挙動になっていることがわかる。

表-3 破壊モードと破壊荷重 (単位:kN)

破壊モード	CASE1	CASE2	CASE3
鋼材降伏	1840 (1.00)	2253 (1.22)	1911 (1.04)
CFRP シートの端部剥離	—	—	2977

( ) 内数値は CASE1 に対する比を示す。

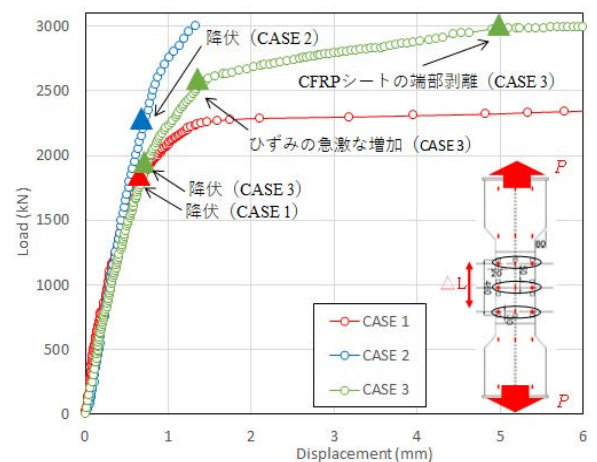


図-2 荷重—鉛直変位の関係

4. まとめ

- (1)ずらし貼り補強 CASE2 の降伏時の補強率は無補強の 22% であり、断面積増加率の 22% と一致した。
- (2)ずらし貼り補強 CASE2 は、CFRP と鋼部材の合成断面のひずみ計算値とほぼ一致する。
- (3)重ね貼り補強 CASE3 は、ひずみ伝達が十分ではなく弾性合成のような挙動になる。実構造では十分な接着長を確保できないことも想定されるため、今後重ね貼りの挙動を解明する必要がある。

【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。

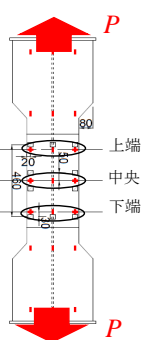
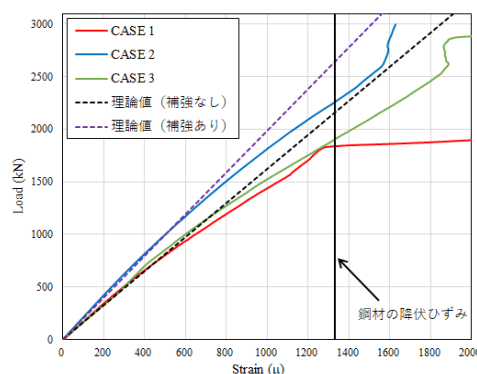
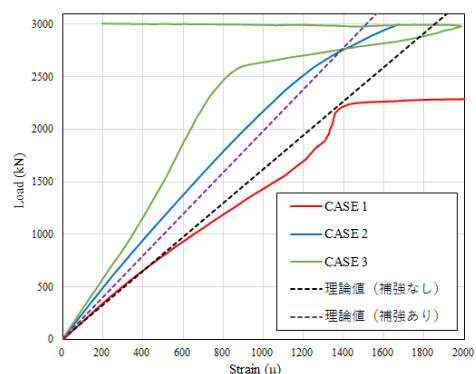


図-3 ひずみゲージ位置



(a) 鋼材ひずみ



(b) CFRP シートひずみ

図-4 荷重—ひずみの関係