

トラス橋斜材の CFRP シートによる耐震補強に関する引張載荷実験

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 服部雅史, 高原良太
長岡技術科学大学 正会員 宮下剛

1. はじめに

阪神淡路大震災後の道路橋示方書¹⁾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, 常時荷重で設計されたトラス橋の斜材等部材の一部は, 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. 一方で鋼構造物の補修・補強材料として, 高強度, 軽量, 腐食しないことから, CFRP シートが注目されている²⁾.

本研究ではトラス橋の耐震補強が必要な H 型断面の斜材を補強する場合, CFRP シートによる工法が適用できるかを把握するため, 引張軸力の単調載荷実験を実施した.

2. 実験概要

今回の実験供試体を図-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, フランジに剛性と強度のバランスから中弾性 CFRP シートで補強している.

耐震補強では部材全長を補強する必要があるため, ガセット部での定着方法をパラメータとし, 外面と内面のシート貼り方の違いが補強効果におよぼす影響を検討した. CASE2 はガセット部の影響を考慮せず, 文献 2) で規定の定着長と端部ずらし長を確保できる場合とした. CASE3 はガセット部を考慮し, ガセット手前で全層ずらし長なしで重ね貼りした場合である. 文献 3) で CASE3 の貼り方をした場合の降伏荷重が CASE2 よりも低く, CASE1 の無補強と同程度であったことから, 改良案として A 案, B 案を提案する.

CASE4 の A 案では図-2 a) のようにフランジ外面が 12 層の重ね貼りで, 内面の部材中央側は板厚変化部から定着区間 200 mm をとり, そこから 12 層のずらし貼りを行って, ガセット側はボルト手前まで重ね貼りで定着している.

CASE5 の B 案は図-2 b) のようにフランジの外面は A 案

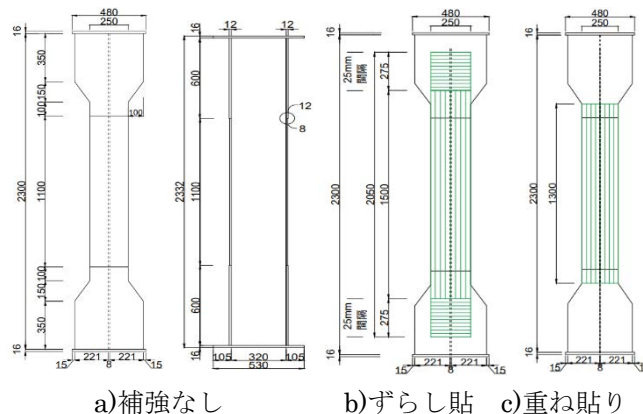


図-1 実験供試体

表-1 実験供試体パラメータ

CASE	補強材料	貼付け方法		
		パテ	外面シート	内面シート
1	補強なし	-	補強なし	
2	CFRP シート (中弾性)	有	ずらし貼り	なし
3			重ね貼り	なし
4			重ね貼り	A 案
5			重ね貼り	B 案

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	285	445	0.3
使用材料	弾性係数 (MPa)	引張強度 (MPa)	設計厚さ (mm)	
CFRP シート	4.26×10^5	2900	0.165	
エポキシ樹脂	2646	59	0.5	
ポリウレアパテ	67	10	0.8	

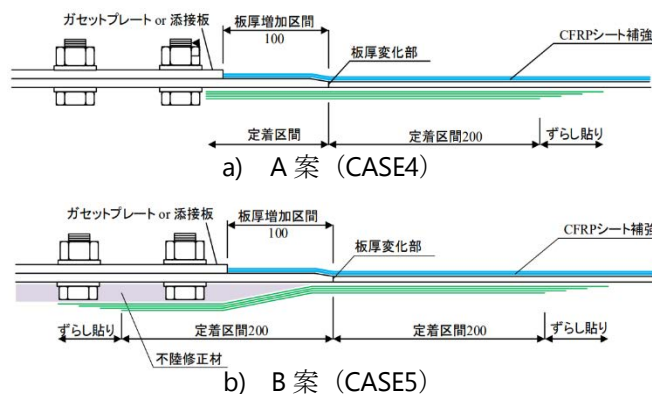


図-2 ガセット部の貼付け方法

キーワード CFRP シート, 耐震補強, 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

と同じ12層の重ね貼りで、内面が図-3のようにボルトの部分の不陸修正材にて平らにし、その上にシートを貼っている。シートの貼り方は板厚変化部からそれぞれに定着区間200mmをとり、そこから両端とも12層のずらし貼りになっている。

CFRPシート補強による施工は、プライマー塗布、ポリウレアパテを塗布、エポキシ樹脂を塗布した後にCFRPシートを貼り付けるという手順で行った。荷重方法として図-4で示すように、3000kN万能試験機の両端をボルト固定し、引張荷重の単調荷重で実験を行った。

3. 実験結果

表-3、図-5に示すように、補強なしより補強ありの方が30%~65%最大荷重が上昇しており、CFRPシートで補強することによって降伏荷重が上昇し、伸び変形を抑えることができる。ここで降伏荷重は断面変化位置のフランジ(薄い側)における降伏ひずみから判定している。ただし、内側にシートを貼付けたCASE4,5では図-6の荷重-ひずみ関係の折れ曲がり点から求めたものである。

これらの結果より、これまでの知見通り、重ね貼りのCASE3よりもずらし貼りのCASE2の方が最大荷重が大きいことがわかる。さらに、内面も補強したCASE4,5も降伏荷重、最大荷重ともCASE2に近く、高い補強効果が得られていることがわかる。ただし、CASE2は試験機上限である3,000kにて荷重を停止しており、最大荷重がさらに大きかった可能性がある。

CASE2は補強効果が高いが、実際はガセット部と干渉しこのように貼り付けることはできないため、CASE4,5のような貼り方が望ましいといえる。さらに、補強効果は若干劣るが、施工後のメンテナンス性を考慮するとボルト部を埋めないCASE4が望ましい。

4. まとめ

- 1) 補強した各ケースは、補強なしより降伏後の強度が向上し、耐震補強効果が確認できた。
- 2) CFRPシート補強により降伏強度を上昇できる。
- 3) ガセット部を考慮して外面の定着をガセット手前までとした場合、定着が確保できている場合より補強効果は劣るが、内面からも補強することによって、定着が確保できている場合と同等の補強効果を得ることができた。
- 4) 内面はボルト部を不陸修正材で埋めて定着を確保する方が補強効果は高いが、ボルト手前までの定着でも十分な補強効果を得ることができた。

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。

- 3) 秀熊，櫻井，大垣，PHAN NGOC，手塚，服部，長谷，宮下：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。

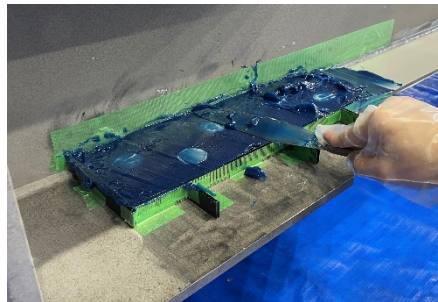


図-3 ガセット部の施工状況

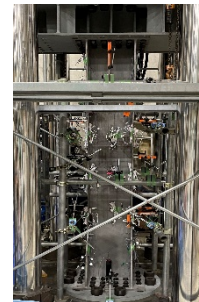


図-4 実験状況

表-3 実験結果

CASE	降伏荷重 (kN)	最大荷重 (kN)	最大荷重時のCASE1との比	破壊状況
1	1829	1829	1.00	断面の全塑性
2	2321	3000	1.64	シート端部における剥離
3	2119	2411	1.32	シート端部における剥離
4	2321	2819	1.54	外側シート端部の剥離
5	2380	2996	1.64	内側シート端部の剥離

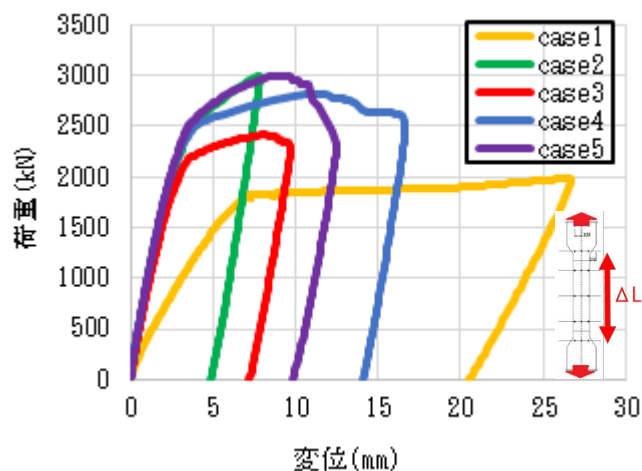


図-5 荷重と鉛直変位の関係

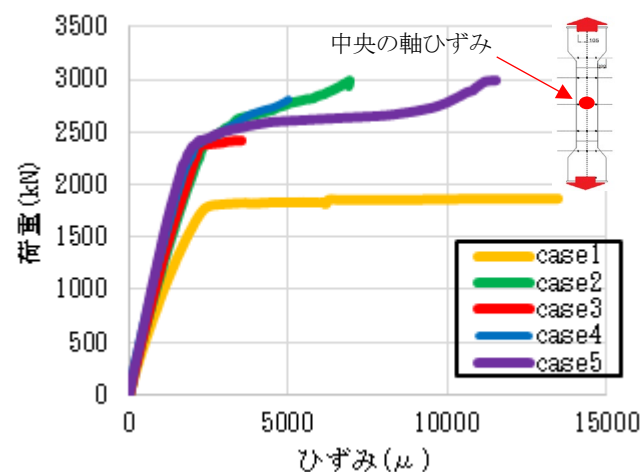


図-6 荷重と軸方向ひずみの関係