

CFRP 接着工法による圧縮を受ける H 形断面部材の耐震補強に関する実験的検討

長岡技術科学大学

学生会員

○高森敦也

長岡技術科学大学

正会員

宮下 剛

高速道路総合技術研究所

正会員

服部雅史, 手塚渉太, 長谷俊彦

日鉄ケミカル&マテリアル

正会員

秀熊祐哉, 櫻井俊太

ものづくり大学

正会員

大垣賀津雄, Pham Ngoc Vinh

1. はじめに

高速道路で比較的多くみられる上路トラス橋の常時引張部材である桁端部の下弦材や支間部の斜材は応力余裕があり部材断面が小さいケースが多い。こういった部材では、地震時の圧縮力により局部座屈が生じるため、耐震補強が必要となる。現在、鋼部材の耐震補強工法としては、鋼板の当て板工法が一般的に用いられるがいくつかの問題点が指摘されている。これに対して、従来工法と比較し有利な点が多いとされる炭素繊維シート接着工法（以下、CFRP 接着工法）を鋼部材の耐震補強工法として用いることが望まれている。

2. 研究目的

CFRP 接着工法を鋼部材の耐震補強に用いることを目的とした研究の事例は少なく、まずは基礎的な検討が必要といえる。そこで本研究では、トラス橋引張部材を模した H 形断面柱の試験体を CFRP シートで補強し、圧縮試験を行った。この結果より、局部座屈が耐力を支配する部材に対する CFRP 接着工法の基本性能と有効性を検討した。

3. 実験概要

(1) 試験体概要

試験体の概形を図 1 に、試験ケースを表 1 にそれぞれ示す。なお、鋼種は SS400 を用いた。試験体 a は、上路トラス橋引張部材で一般的に使用される最小板厚断面をスケールダウンしたものである。これを基準断面とし、板厚、補強の有無、補強方法をパラメータとし計 13 体の試験体を設定した。試験体の終局状態は、各部材ごとに道示の耐荷力曲線を用い求めた。また今回は、载荷軸と繊維方向が平行な鉛直シートと载荷軸と繊維方向が直角な水平シートの二種類を用いて補強し、まだ、作用が明確でない水平シートの効果についても検討する。

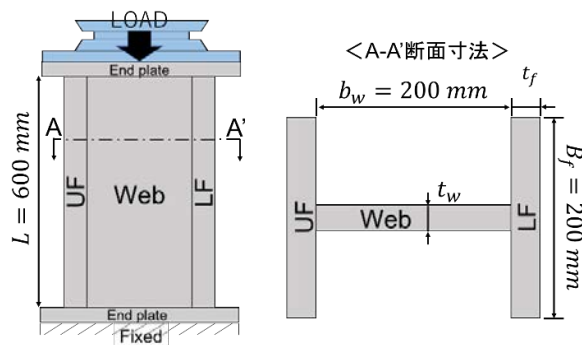


図 1 試験体の概形

表 1 試験ケース一覧

試験体	板厚 (mm)		終局状態	補強 鉛直/水平(枚)	
	ウェブ t_w	フランジ t_f		ウェブ	フランジ
a				-	-
a-1	6	6	フランジ 局部座屈	-	12/0
a-2				-	12/12
a-3				-	12/6
b	6	9	全断面 降伏	-	-
c	4.5	6	ウェブ/ フランジ 局部座屈	-	-
c-1				3/0	12/0
c-2				3/3	12/12
c-3				3/2	12/6
d	4.5	9	ウェブ 局部座屈	-	-
d-1				3/0	-
d-2				3/3	-
d-3				3/2	-

(2) 载荷方法

载荷容量 2,000 (kN) のアクチュエータを用い、単調増加で圧縮载荷を行った。試験機の制限より、試験体上端は一方方向のみが回転自由であるため、回転軸と H 形断面の弱軸が一致するように試験体を設置した。

キーワード トラス橋, 常時引張部材, 耐震補強, 局部座屈, 炭素繊維シート

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL: 0258-47-9641

表2 試験結果一覧

試験体	最大荷重	先行座屈荷重 [※]
	Pmax (kN)	Pcr, (kN)
a	1,171	1,029
a-1	1,295	1,006
a-2	1,395	1,295
a-3	1,490	1,227
b	1,577	1,497

試験体	最大荷重	先行座屈荷重
	Pmax (kN)	Pcr, (kN)
c	1,032	885
c-1	1,224	916
c-2	1,472	1,201
c-3	1,443	1,202

試験体	最大荷重	先行座屈荷重
	Pmax (kN)	Pcr, (kN)
d	1,413	1,188
d-1	1,546	1,293
d-2	1,581	1,418
d-3	1,615	1,331

※先行座屈荷重：両部材の局部座屈荷重のうち小さい値

(3) 補強量の算出

道示の耐荷力曲線において終局状態が局部座屈と判定される部材に対して、幅厚比パラメータが $R < 0.7$ となるよう、载荷軸方向の剛性を回復させる効果がある鉛直シートの枚数を算出した。一方、水平シートは効果が不明確であり、鉛直シートと同数または半数とした。

4. 実験結果

(1) 無補強試験体の破壊挙動

図2に無補強試験体の荷重-鉛直変位関係を示す。これから、局部座屈荷重 (Pcr) 付近で剛性が低下する傾向がみられる。フランジの終局状態が座屈である試験体 a,c では、最大荷重後の耐力低下が顕著で脆性的な破壊となる。耐震設計では、部材の変形特性で構造物の耐震性能を評価する^り。よって、軸圧縮を受ける H 形断面柱に対する耐震補強では、耐荷力と局部座屈荷重に加えてこの変形性能にも注目する必要があるといえる。

(2) 最大荷重・局部座屈荷重の補強効果

表2に試験結果の一覧を示す。これを見ると、補強により最大荷重と局部座屈荷重がともに増大することがわかる。図3にcシリーズの最大荷重と先行座屈荷重を示す。図中の赤点線は終局状態が全断面降伏である試験体 b の値、黒点線は無補強時の値をそれぞれ示す。これを見るといずれの荷重も水平シートを用いることでより補強効果がみられることがわかる。そして、水平シートを半数としても補強効果が大幅に低下することはないこともわかる。

(3) 補強による破壊挙動の変化

図4にcシリーズの荷重-鉛直変位曲線を示す。これを見ると、補強により局部座屈発生後の剛性低下と脆性的な破壊挙動がそれぞれ低減されていることがわかる。また、局部座屈発生後の剛性低下は水平シートにより試験体 b と比べても低減されることがわかる。

5. まとめ

終局状態が局部座屈となる H 形断面柱を CFRP 接着

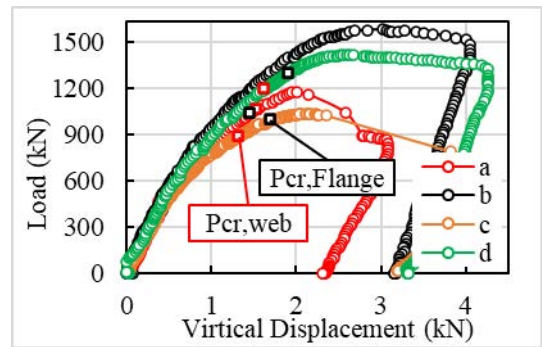
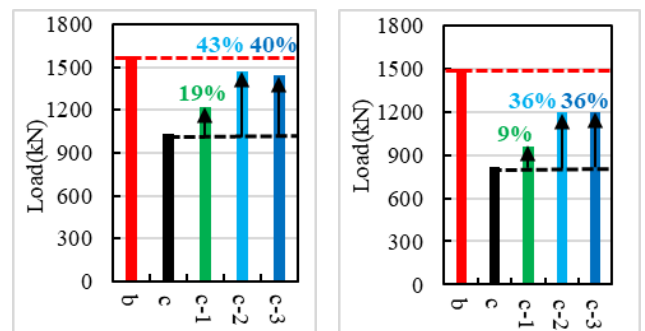


図2 無補強試験体の荷重-鉛直変位関係



(a) 最大荷重 (b) 先行座屈荷重
図3 cシリーズの最大荷重・ウェブ局部座屈荷重

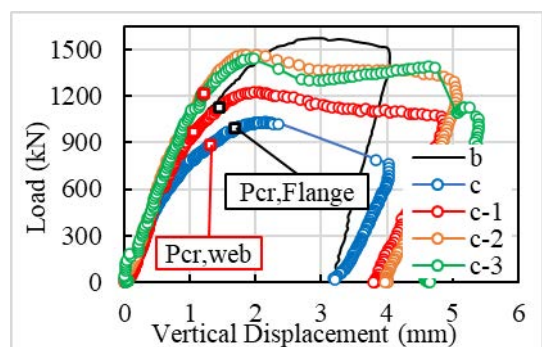


図4 荷重-鉛直変位関係 (cシリーズ)

工法を用いて補強することにより、耐荷力、局部座屈荷重に加え変形性能も改善することがわかった。よって、CFRP 接着工法は耐震補強工法として有効である。

参考文献

1) 土木学会鋼構造委員会：座屈設計ガイドライン改訂第2版，2005