

## CFRP 補強した H 形断面短柱の圧縮試験

長岡技術科学大学 学生会員 眞保 憲靖, ○小保方 拓哉  
 長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛  
 ものづくり大学 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  
 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

高速道路で比較的多く用いられる上路鋼トラス橋では、桁端部の下弦材や支間部の斜材といった部材は応力余裕があり部材断面が小さいケースが多い。このような箇所では地震発生時に耐力不足となり局部座屈が発生するため、一般的に耐震補強として当て板補強を施す。しかし、当て板補強には死荷重の増加による常時の応力状態に影響を及ぼし、補強範囲が拡大するなどいくつかの問題点がある。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の接着工法（以下、CFRP 接着工法）を鋼部材の耐震補強工法として用いられることが考えられる。

## 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に向けては、基礎的な検討が必要であり、昨年度までにトラス橋の斜材を模した H 形断面柱の試験体を CFRP シートで補強し、圧縮試験を実施したり。本研究では、これまでの研究結果を踏まえ、CFRP 接着工法の補強効果をより明確にし、その基本性能を明らかにするとともに有効性の検討を目的とした。

## 3. 実験概要

## 3. 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。昨年度の試験体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り、フランジの局部座屈で終局状態となるように実験を計画したものの、ウェブにも局部座屈が発生したため補強効果の解明が十分ではなかった。このため、本研究ではフランジの局部座屈に対する CFRP の補強効果を把握するため、ウェブの幅厚比パラメータを 0.44 と十分小さくし、圧縮載荷試験を実施することとした。鋼種は SS400 である。また、本研究でも、載荷軸と CFRP の繊維方向が平行な鉛直シートと載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、

水平シートの効果や役割についても検討する。

また、決定した CFRP シートの積層数を片面にすべて積層する場合と、部材の裏表に積層数の半数ずつを分けて施工する両面施工の場合とで破壊挙動の相違についても検討する。

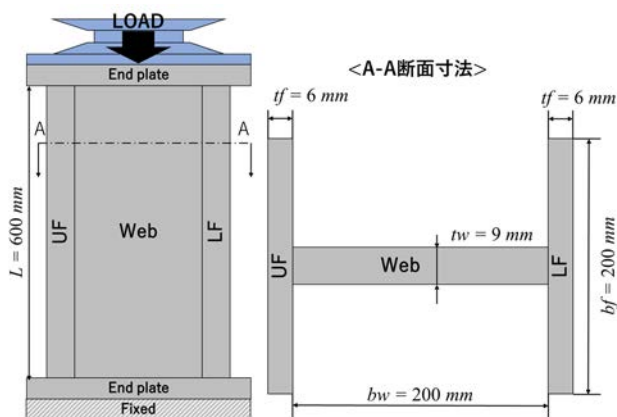


図-1 試験体の概形

表-1 試験ケース一覧

試験体	終局状態		幅厚比パラメータ $R$		補強(鉛直/水平)	
	Web	Flange	Web	Flange	Flange	積層面
a'	降伏	座屈	0.44	1.07	-	-
a'-1	-	-	0.44	0.68	12/0	片
a'-2	-	-			12/12	片
a'-3	-	-			12/12	両
a'-4	-	-			12/6	片
a'-5	-	-			12/6	両
a'-6	-	-	0.44	1.07	0/12	片
a'-7	-	-			0/12	両

## 3. 2 載荷方法

載荷容量 2,000 kN の油圧式アクチュエータを用い、単調増加で圧縮載荷を行った。試験体の設置では、載荷

キーワード 鋼トラス橋, 座屈, CFRP, 補強

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

装置の回転軸と H 形断面の弱軸が一致するようにした。

### 3. 3 補強量の算出

道路橋示方書<sup>2)</sup>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  $R$  が 0.7 以下となるように、CFRP を鋼換算し、鉛直シートの積層数(補強量)を算出した。また、水平シートは鉛直シートと同数または半数とした。

### 4. 実験結果

圧縮試験結果を表-2 に示す。図-2 には CFRP の積層数ごとに、荷重-変位曲線を整理した結果を示す。

いずれの補強についても最大荷重は増加している。また、鉛直シートの積層枚数を同数とした a'-1~a'-5 については、水平方向のシートの枚数が増加すると最大荷重も増加する傾向が見られた。これは水平方向のシート枚数を鉛直方向のシート枚数に近づけることで、CFRP シート積層部分が等方性に近づくことで水平方向の剛性も増加し、部材としての剛性が高まることで面外変位の発生を抑制し、座屈の発生を抑制したと推察される。

図-2 における a'-2 と a'-3 の対比、a'-4 と a'-5 の対比、a'-6 と a'-7 の対比から、片面施工と両面施工では荷重鉛直変位の関係において、両面施工のほうが剛性は高いものの、片面施工の方が変形に対する抵抗性は高い。片面施工ではシートとシート接着に用いるエポキシ樹脂によって偏心が生じる。これによって補強部材に偏心モーメントが生じやすくなるが、水平シートがこれに抵抗する。両面施工ではシートによる偏心が生じないため片面施工より剛性が回復するものの、片面のシートが片面施工時の半分であるため面外方向への変形に対する抵抗性が片面施工時に劣ると推察される。

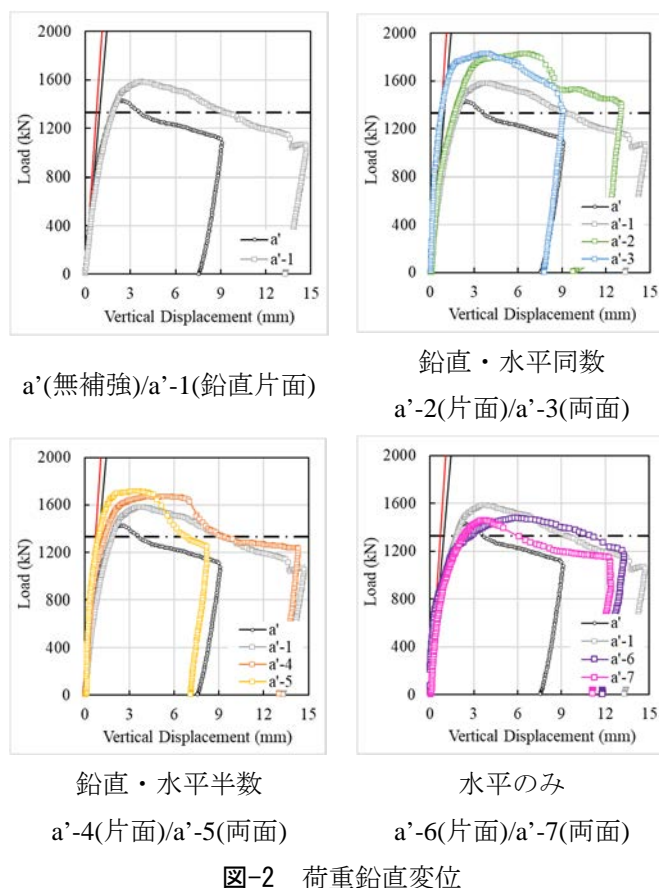
### 5. まとめ

本研究では、これまでの研究結果を踏まえ、H 形断面柱を対象に、CFRP 接着工法の補強効果を明確にすることを目的とした。得られた知見を以下に示す。

- 鉛直方向シートで最大荷重が増加し、さらに水平方向シートの貼付で最大荷重がさらに増加する。しかし、水平方向シートを片面に貼付するか、両面に貼付するかで最大荷重はさほど変わらない。
- 片面施工は偏心により、両面施工と比較すると面外変形が大きくなっているものの、水平方向シートがこれを抑制する。一方、両面施工は偏心が発生せず、初期剛性も片面施工と比較して健全時へと回復する傾向がある。

表-2 試験結果

試験体	補強 (鉛直/水平)		降伏荷重 $P_y$ (kN)	最大荷重 $P_{max}$ (kN)	$P_{max}/P_y$	無補強 $P_{max}$ との比
	Flange	積層面				
a'	-	-	1,330	1,425	1.07	-
a'-1	12/0	片	-	1,581	1.19	1.11
a'-2	12/12	片	-	1,829	1.37	1.28
a'-3	12/12	両	-	1,829	1.38	1.28
a'-4	12/6	片	-	1,674	1.26	1.17
a'-5	12/6	両	-	1,715	1.29	1.20
a'-6	0/12	片	-	1,479	1.11	1.04
a'-7	0/12	両	-	1,458	1.10	1.02



### 参考文献

- 高森敦也, 宮下剛, 服部雅史, 手塚渉太, 長谷川俊彦, 秀熊佑哉, 櫻井俊太, 大垣賀津雄, Pham Ngoc Vinh : 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, 2020.
- 日本道路協会 : 道路橋示方書・同解説, II 鋼橋・鋼部材編, 2017.