

CFRP を用いた鋼製短柱の補強に関する研究

Study on Reinforcing Steel Short Columns with CFRP

鋼構造研究室 指導教員
修士 2 年

宮下剛
小保方拓哉

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¹⁾。ここでは、CFRP 補強は耐力力、局部座屈荷重、脆性的な破壊挙動などに対し補強効果があることが確認され、また施工面による違いとして、補強対象部材の両面に施工した場合には補強による偏心が発生せず、初期剛性が向上した。

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することを検討の目的とする。具体的には、補強量と補強効果の関係性を明確にすること。また、道路橋示方書³⁾における耐荷力曲線において、幅厚比パラメータ R を終局状態が座屈、降伏となるよう設計した試験体に対して、 R をパラメータとして CFRP シートを積層し、圧縮試験を行う。

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。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、鋼種は SS400 である。载荷軸と CFRP の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、水平シートの効果や役割についても検討する。

また、昨年度までの実験結果²⁾をもとに、施工面は補強対象部材の両面とし、水平シートを鉛直シートと同数として交互に積層する。

3. 2 载荷方法

载荷容量 2,000 kN の油圧式アクチュエータを用い、単調増加で圧縮载荷を行った。試験体の設置では、载荷装置の回転軸と H 形断面の弱軸が一致するようにした。

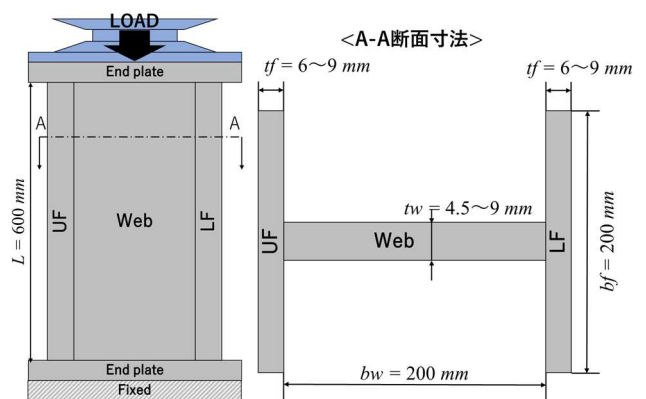


図-1 試験体の概形

表-1 試験ケース一覧

試験体	板厚 (mm)		幅厚比パラメータ R		補強後設計終局状態	
	Web	Flange	Web	Flange	Web	Flange
a''	9	6	0.45	1.02	降伏	座屈
a''-1	9	6	0.45	0.92	降伏	座屈
a''-2	9	6	0.45	0.85	降伏	座屈
a''-3	9	6	0.45	0.80	降伏	座屈
a''-4	9	6	0.45	0.74	降伏	座屈
c'	4.5	6	0.93	1.04	座屈	座屈
c'-1	4.5	6	0.81	0.94	座屈	座屈
c'-2	4.5	6	0.74	0.87	座屈	座屈
c'-3	4.5	6	0.68	0.82	降伏	座屈
c'-4	4.5	6	0.62	0.76	降伏	座屈
d'	4.5	9	0.93	0.67	座屈	降伏
d'-1	4.5	9	0.81	0.67	座屈	降伏
d'-2	4.5	9	0.74	0.67	座屈	降伏
d'-3	4.5	9	0.62	0.67	降伏	降伏
d'-4	4.5	9	0.53	0.67	降伏	降伏

3. 3 補強量の計算

道路橋示方書³⁾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、幅厚比パラメータにて試験体ケースを決定するため、CFRPを鋼換算し、鉛直シートの積層数(補強量)を幅厚比パラメータより算出した。

4. 実験結果

圧縮試験結果を表-2に示す。本実験の補強は鉛直シートと水平シートの枚数を同数としているため、表-2には鉛直シート枚数のみ記載する。図-2にはCFRPの鉛直シート積層数ごとに、a''シリーズの最大荷重、a''シリーズの座屈荷重、a''シリーズの荷重-変位曲線、フランジ補強ケース(a'', c'シリーズ)のフランジ耐荷力曲線を整理した結果を示す。実験結果は終局状態に関係なく全ケースで同様の傾向が見られたため、a''シリーズを例に結果をまとめ考察する。

終局状態の違う各ケースにおいて同様の傾向が見られた理由には、水平シートと鉛直シートを同数としたことにより補強厚が増大したことによる。鉛直シートが鋼材表面から離れた位置で補強効果を発揮することで、補強後の部材の剛性が向上し、無補強時に局部座屈が先行するとして試験体においても局部座屈の発生が抑止されたものと考えられる。

荷重-鉛直変位関係のグラフから、補強量を増やす(積層数を増やす)と、初期剛性の増加が見られた。また、最大荷重後の耐力も無補強の耐力を上回っている。

また、積層枚数と最大荷重、座屈荷重には比例関係が見られる。図-2 a)では、a''シリーズの回帰曲線が、a''-2を除くと決定係数 0.9955 となり、非常に高い相関関係にある。また、図-2 b)においても、回帰曲線が無補強試験体 a''を除くと決定係数 0.9731 となり、非常に高い相関関係にある。

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。

- 鉛直シートと水平シートを同数とし、補強部材両面に施工した場合において、補強量と最大荷重・座屈荷重は比例関係があり、補強量による補強効果の予測式等を定式化できる。
- CFRPの補強効果は補強対象部材の無補強時終局状態に関係なく補強量と比例する。

参考文献

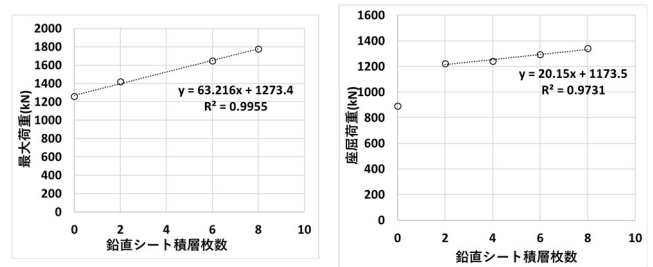
- 高森敦也, 宮下剛, 服部雅史, 手塚渉太, 長谷川俊彦, 秀熊佑哉, 櫻井俊太, 大垣賀津雄, Pham Ngoc Vinh: CFRP接着工法による圧縮を受けるH形断面部材の耐震補強に関する実験的検討, 第76回土木学会年次学術講演会, 2021.9.
- 小保方拓哉, 眞保憲靖, 宮下剛, 服部雅史, 高原良太, 秀熊佑哉, 櫻井俊太, 大垣賀津雄, Pham Ngoc Vinh: CFRP補強したH形断面短柱の圧縮試験, 第77回土木学会年次学術講演会, 2022.9

3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, II 鋼橋・鋼部材編, 2017.

表-2 試験結果

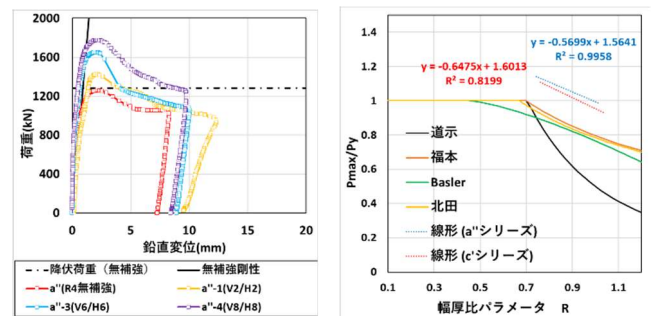
試験体	鉛直シート積層枚数			降伏荷重 P_y (kN)	最大荷重 P_{max} (kN)	座屈荷重 P_{cr} (kN)	P_{max}/P_y
	Web	Flange					
		UF	LF				
a''	-	-	-	1283	1258	890	0.98
a''-1	-	2	2	1360	1421	1222	1.04
a''-2	-	4	4	1430	1340	1243	0.94
a''-3	-	6	6	1490	1649	1292	1.11
a''-4	-	8	8	1559	1777	1340	1.14
c'	-	-	-	1036	931	553	0.90
c'-1	2	2	2	1153	1186	568	1.03
c'-2	4	4	4	1256	1293	634	1.03
c'-3	6	6	6	1347	1486	849	1.10
c'-4	8	8	8	1451	1559	991	1.07
d'	-	-	-	1341	1358	995	1.01
d'-1	2	-	-	1380	1551	1199	1.12
d'-2	4	-	-	1414	1606	1395	1.14
d'-3	8	-	-	1479	1737	1459	1.17
d'-4	12	-	-	1548	1906	1580	1.23

a''-2: 偏心載荷の発生が見られた。



a) a'' 最大荷重

b) a'' 座屈荷重



c) a'' 荷重-鉛直変位

d) 耐荷力曲線(フランジ)

図-2 試験結果