

## 中弾性 CFRP 成型板を用いた I 型断面鋼桁の上フランジ補強に関する研究

ものつくり大学 学生会員 ○寺崎詠介, 後藤七海  
 ものつくり大学 正会員 大垣賀津雄, PHAM NGOC VINH  
 日鉄ケミカル&マテリアル 正会員 櫻井俊太, 秀熊佑哉

## 1. はじめに

現在、高速道路リニューアルプロジェクトの一環として、床版を取替える大規模更新工事等が進められており<sup>1)</sup>、取替え後の床版による死荷重の増加等の理由から、鋼桁補強の需要が増加することが考えられる。そこで、著者らは高弾性型の炭素繊維成型板（以下、CFRP 成型板という）を用いた補強工法を提案した<sup>2)</sup>。しかし、既往の研究<sup>2)</sup>では CFRP 成型板の圧縮破壊、はく離による終局となり、破壊性状に課題が残った。そこで本研究では、高弾性型と比較し強度の高い中弾性型の CFRP 成型板を、既往の研究<sup>2)</sup>で検討された接着方法で上フランジ下面に接着して補強した I 型断面の鋼桁供試体について、4 点曲げ試験を行い、中弾性 CFRP 成型板で補強した鋼桁供試体の補強効果および破壊性状の確認を行った。

## 2. 試験概要

表-1 に本試験で使用した材料の特性値を、表-2 に中弾性型の炭素繊維を用いて作製した CFRP 成型板の材料特性値を示す。CFRP 成型板の積層数は上下フランジを補強した際に供試体中央部の曲げ剛性が 25% 増加するように決定した。繊維配向は厚み方向に対称な積層となるようにし、切欠き部分においても応力伝達す

表-1 使用材料特性値

	繊維目付 (g/m <sup>2</sup> )	設計厚 (mm)	弾性率 (kN/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
中弾性炭素繊維シート	307	0.165	427	3,925
中弾性炭素繊維ストランドシート	725	0.385	430	4,150
エポキシ系樹脂 (マトリックス樹脂)	-	-	2,860	72
ポリアウレアバテ (高伸度弾性バテ)	-	-	74	11
エポキシ樹脂 (接着樹脂)	-	-	2,830	90

表-2 中弾性 CFRP 成型板の材料特性値

	積層数	厚さ (mm)	繊維体積含有率 $V_f$	弾性率 (kN/mm <sup>2</sup> )
CFRP 成型板	$[0^\circ/\pm 45^\circ/0^\circ]_6$ (対称積層)	7.92	0.50	103

るように軸方向に対し $-45/0/45^\circ$  方向に 1/2/1 層の比率とした。図-1 に曲げ供試体概要を示す。本供試体は実橋の約 1/2 サイズで材質 SS400 を使用した。実験パネルの両側に実験用載荷桁をボルトで添接して、支間長 6m 等曲げ区間 2.5m の 4 点曲げ試験を行った。図-2 に本試験に用いた CFRP 成型板の形状を示す。CFRP 成型板は切欠きによる断面欠損部補強のストランドシートは欠損断面と概ね等しい断面剛性となるように 10 層とした。図-3 に実験パネルにおける補強断面を示す。CFRP 成型板の接着にはポリアウレア樹脂層が鋼材側となるように接着した。供試体一覧を表-3 に示す。試験は上フランジが圧縮となる正曲げ試験と、上フランジ

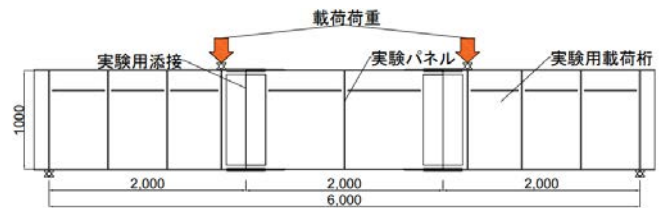


図-1 曲げ供試体概要 (単位:mm)



図-2 CFRP 成型板形状 (単位:mm)

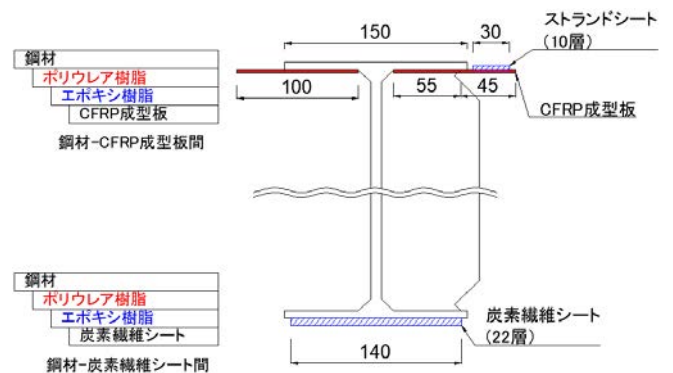


図-3 補強断面および接着樹脂層概要 (単位:mm)

表-3 供試体一覧

供試体名	曲げモード	補強	
		上フランジ	下フランジ
N2	-	無	無
P-UL-MM	正曲げ	成型板補強	シート補強
N-UL-MM	負曲げ	シート補強	成型板補強

キーワード CFRP 成型板, 鋼桁上フランジ補強, 曲げ補強

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

が引張となる負曲げ試験を行った。

### 3. 試験結果および考察

表-4 に試験結果一覧示す。N1, P-UL, N-UL 供試体の結果は既往の研究<sup>2)</sup> から得られた高弾性 CFRP 成型板で補強した場合の試験結果である。破壊状況は P-UL-MM 供試体で 944kN, N-UL-MM 供試体で 830kN 時に CFRP 成型板の剥離が生じた。既往の研究<sup>2)</sup> と比較すると、P-UL-MM 供試体は 70% (P-UL), N-UL-MM 供試体は 23% (N-UL) 破壊荷重が向上したことが確認できた。本供試体では既往の研究<sup>2)</sup> において使用した高弾性炭素繊維シートより強度が高い中弾性炭素繊維シートを用いたため、CFRP 成型板、下フランジ補強の炭素繊維シートとともに最大荷重時においても炭素繊維の圧縮破壊が生じなかった。CFRP 成型板の剥離荷重については、CFRP 成型板と鋼材の接着の際にポリウレア樹脂の位置を鋼材側としたため、剥離荷重が既往の研究<sup>2)</sup> から得られた剥離荷重より向上したと考えられる。

図-4 に P-UL-MM 供試体の破壊状況を、図-5 に荷重-支間中央鉛直変位関係を示す。P-UL-MM 供試体、N-UL-MM 供試体ともに CFRP 成型板端部からの剥離となり、破壊面は CFRP 成型板-エポキシ樹脂間での剥離であった。P-UL-MM 供試体は最大荷重時まで剥離等の変状は生じず、無補強より高い剛性を保ったまま最大荷重に達し、剥離により終局となった。N-UL-MM 供試体は 830kN 時に垂直補剛材側の CFRP 成型板が剥離により剛性が低下、さらに 1,000kN 時に反対側の CFRP 成型板が剥離し剛性が低下する挙動を示した。

図-6 に各供試体の上フランジ鋼材のひずみ分布を示す。P-UL-MM 供試体は N2 供試体と比較し約 19%, N-UL-MM 供試体は N2 供試体と比較し約 30% 上フランジ鋼材の応力が低減されたことが確認された。

### 4. まとめ

中弾性 CFRP 成型板を用いて上フランジを補強した鋼桁曲げ試験により以下の知見が得られた。

- (1) 高弾性 CFRP 成型板より強度の高い中弾性 CFRP 成型板を用いて補強したため、終局時においても炭素繊維の圧縮破壊が生じなかった。
- (2) CFRP を上フランジに接着する際、ポリウレア樹脂の位置を鋼材側としたため、剥離荷重が既往の研究<sup>2)</sup> から得られた荷重より向上した。

### 参考文献

- 1) 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西

表-4 試験結果一覧

試験体名	最大荷重 (kN)		破壊荷重 (kN)		破壊状況
	実験値	比 (N1,N2)	実験値	比 (P-UL,N-UL)	
N2	889	1.00	-	-	
P-UL-MM	944	1.06	944	1.70	成型板剥離
N-UL-MM	1,045	1.18	830	1.23	成型板剥離
N1*	942	1.00	-	-	
P-UL*	1,026	1.09	555	1.00	成型板圧縮破壊
N-UL*	945	1.00	675	1.00	成型板剥離

\*既往の研究<sup>2)</sup> から得られた結果。

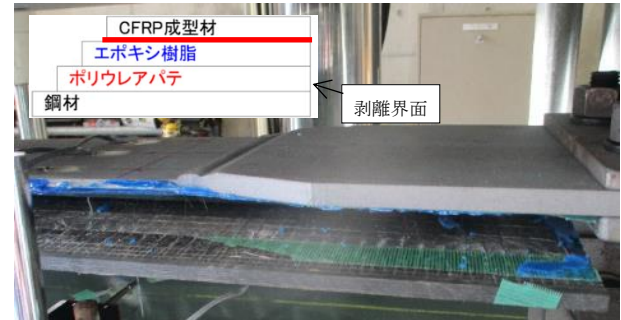


図-4 破壊状況例 (P-UL-MM 上フランジ接着端部)

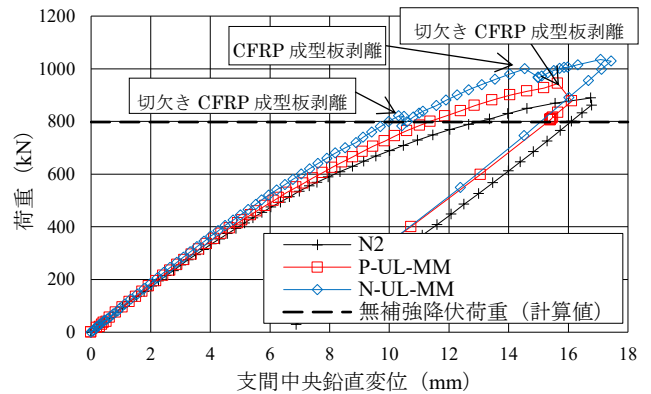


図-5 荷重-支間中央鉛直変位関係

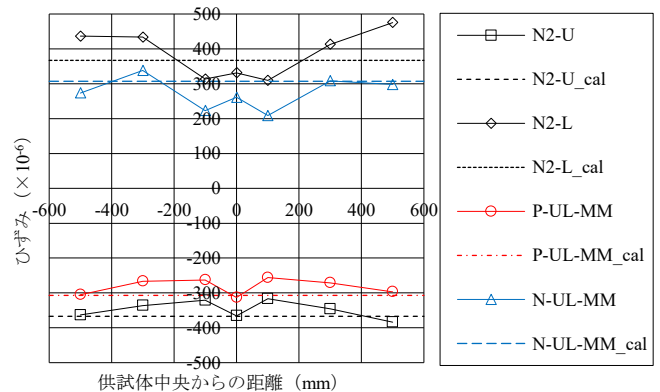


図-6 上フランジ鋼材ひずみ分布

日本高速道路(株): 高速道路資産の長期保全及び更新のあり方 報告書, 高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術委員会, 2014.1

- 2) 櫻井ら: CFRP成型板を用いたI型断面鋼桁の上フランジ補強に関する研究, 第14回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム, 2021.9