CFRP 補剛材を用いた鋼桁端部の補強効果に関する実験的検討

東レ(株) 正会員 ○松井孝洋,エム・エム ブリッジ(株) 正会員 古田大介 首都大学東京大学院 学生員 タイウィサル,首都大学東京 正会員 中村一史

<u>1. はじめに</u>

橋梁鋼桁支承の取替えは、一旦鋼桁をジャッキアップさせてから の支承取替えとなる.ジャッキ支持上に補剛材がない場合、ジャッ キアップによる座屈が懸念されるため、鋼製補剛材を設けることが ある.しかしながら、鋼製補剛材を設置する場合、既設桁の形状計 測、製作手間や施工手間が掛かることに加え、溶接による既設鋼材 への熱影響が懸念される.また、箱桁の場合、資材を箱桁内に搬入 するため、重量物の運搬は労力を要する.ところで、近年、旅客機 の構造部材や風力発電用ブレード等の大型 FRP 構造物の製造で用いられ る VaRTM (Vacuum assisted Resin Transfer Molding)成形技術を用いて、FRP と既設鋼構造物を一体化させる工法の開発が行われている¹⁾.本研究では VaRTM 法を用いて現場で CFRP 補剛材を一体化した鋼桁端部について、 軸圧縮力に対する補強効果を実験にて確認した.

2. 試験の概要

鋼桁は、鋼補剛材有(鋼桁 A)と鋼補剛材無(鋼桁 B)の2つのI型鋼 (I-824×270×12×6)を準備した.表1に鋼桁の材料特性を示す.鋼桁の ウェブの初期たわみは、1/1000程度であった.鋼桁 A の鋼補剛材は、高さ 800mm,幅122mm,厚み12mmとした.一方、鋼桁 B に設置する CFRP 補剛材はT型形状とした.CFRP 補剛材の積層仕様は、桁鉛直方向にかか る荷重に抵抗できるように鋼桁の補剛材と同じ軸剛性とし、表2の炭素繊 維シートを垂直補剛材として26層、ウェブ面に8層となる積層構成とし た.なお、両鋼桁のフランジ頂部、底部には、試験時の載荷部と支持部と して250mm×250mm×22mm厚の鋼板を溶接している.ところで、CFRP 補剛材設置前の鋼桁 B は補剛材の支えがなく、薄いウェブ材のみでフラン ジを支えたため片側に傾いた状態(不整は5/1000相当)であった.その状 態で VaRTM 法を適用して CFRP 補剛材(N,S側の両面)を設置した(図 1).CFRP 補剛材は、図2に示すように、鋼桁の形状に沿って一体化でき ているものの、S側の CFRP 補剛材リブ中央部に波形の初期たわみが生じ、 成形精度の向上が今後の課題となった.

試験は、図3に示すように、鋼桁に頂部の鋼板にロードセルが繋がった オイルジャッキで鉛直方向に圧縮荷重をかける圧縮試験を実施した. 試験 表1 鋼桁の材料特性

	材質	弾性率 (kN/mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ポアソン比
フランジ	SS400	206	270	436	0.28
ウェブ	SS400	208	318	450	0.28
補剛材	SS400	206	270	436	0.28

表2 CFRP 単層の材料特性

CFRP材料		弾性率(kN/mm ²)		強度 (kN/mm ²)	
CFシート	樹脂	引張	圧縮	引張	圧縮
UM46-40P	エポキシ	207	178	1,640	660



図1 VaRTM 法による CFRP 補剛材成形



図2 CFRP 補剛材付き鋼桁(鋼桁 B)



図3 圧縮試験

時に鋼桁が横転しないように両面をサポートした. 鋼桁 B の場合, CFRP 補剛材の剥離によって放出されないように 単管パイプで防護した. 試験時には荷重, 変位ならびに鋼材と CFRP のひずみを計測した.

3. 試験結果及び考察

表3に圧縮試験結果を、図4に荷重と変位の関係を、図6に鋼桁Bの荷重とひずみの関係を示す.

KeyWords; 炭素繊維強化プラスチック, VaRTM, 補剛材, 鋼桁, 圧縮特性 連絡先 〒103-8666 東京都中央区日本橋室町2-1-1 東レ株式会社 ACM 技術部 E-mail: Takahiro Mastui@nts.toray.co.jp 鋼桁 A について, 1200kN を超えたところから鉛直変位が増加 し, 1420kN に達したところでウェブの座屈が生じ, 最大荷重を示 した. それ以降は, 鉛直変位を拡大しながら荷重が低下した.

鋼桁Bについて、図4の荷重-変位の関係を見ると、200~350kN 当たりで線形に乱れ(実験時に音が発生)が生じた.鋼桁Bは、 ウェブに大きな初期不整(5/1000)を有したまま、CFRP 補剛材が 両面に設置されている.さらにS側のCFRP 補剛材には初期たわ みが生じており、圧縮試験には非常に不利な状況であった.荷重 の小さい段階での線形の乱れは、このように、CFRP 補剛材の設置 前に不整があり、荷重の載荷とともに、その不整が矯正されたこ とによるものと考えられた.さらに、それ以降は、最大耐力に達 するまでほぼ線形挙動を示し、1637kNに達したところで爆音と同 時にCFRP 補剛材が破壊した(図5).

図6に示されるひずみ挙動を見ると,200~350kN で線形に乱れ が生じている.S側のCFRP 補剛材のひずみは350kN まで急激に 伸びているが,以降はひずみが急激に低下し,ひずみは増加しな かった.一方,N側のCFRP 補剛材では,荷重の増加とともにひ ずみは伸びた.つまり,初期の段階でS側のCFRP 補剛材に何か しら破損が生じた可能性が高い.しかしながら,鋼桁Bが急激に 破壊することはなく,N側のCFRP 補剛材で圧縮荷重を負担して いたと考えられる.この挙動の要因は,初期不整やS側の波形た わみの影響の可能性が高い.なお,脆性的な破壊が突然発生した ため,最大荷重時にどちら側のCFRP 補剛材の破壊が基点となっ たかは不明である.一方,ウェブの接着面は,350kN 付近におけ るS側のCFRP 補剛材の挙動を受けて,線形がシフトする性状が 確認されたが,以降は安定した線形性を示していたことから,剥 離の兆候は現れていないと考える.

以上より圧縮にとって厳しい条件ながらも鋼桁Bの圧縮耐力は 鋼桁Aの圧縮耐力を上回り、かつ剛性も同等になることからCFRP 補剛材の圧縮補強効果を実験的に確認できた.

<u>4. まとめ</u>

CFRP 補剛材を付与した鋼桁の圧縮試験を行った結果,鋼桁の 大きな初期変形(5/1000 相当)を有し,かつ片面の CFRP 補剛材 に初期たわみがあるという圧縮試験では不利な状況にありながら も,鋼補剛材以上の圧縮耐力となること確認できた.しかし,施 工精度の改善が必要であることもわかった.CFRP 補剛材の圧縮 補強効果が確認されたため,今後は CFRP 補剛材の実用化に向け た検討を進める.

参考文献

1) 小林洸貴, 近藤諒翼, 中村一史, 松本幸大, 松井孝洋, 越智寛: 真空含浸工法を応用した CFRP 接着による鋼桁端腐食部の補修に関する実験的検討, 土木学会論文集 A1 (構造・ 地震工学), Vol.73, No.5, pp.II_20-II_31, 2017.5

表3 圧縮試験結果

	単位	鋼桁A	鋼桁B				
補剛材の材質	I	SM400	CFRP				
最大荷重	kN	1420.1	1637.3				
最大荷重時鉛直変位	mm	3.37	2.39				
破壊状況	_	座屈	CFRP補剛材の 破壊				





図5 CFRP 補剛材の破壊状況

