

炭素繊維シートで補強した1軸対称プレートガーダーの曲げ耐荷力実験

高速道路総合技術研究所 正会員 ○原田拓也, 広瀬剛
 ものつくり大学 正会員 大垣賀津雄, 学生会員 菊地新平
 長岡技術科学大学 正会員 宮下剛
 長野工業高等専門学校 正会員 奥山雄介
 新日鉄住金マテリアルズ 正会員 小林朗, 秀熊佑哉

1. はじめに

特定更新等工事で実施している床版取替工事では、一時的に床版がない状態となり、合成桁・非合成桁にかかわらず鋼桁のみで荷重に抵抗することになる。このような構造系の変化や死荷重等の増大により、鋼桁の補強が必要となる場合が考えられる。鋼桁の補強は一般に鋼材を用いて実施されるが、より軽量で強靱な補強材料が望まれる。

そのような中、炭素繊維シート(以下、CFRP と呼ぶ)が注目されている。CFRPは鋼材に比べ、高弾性、高強度、軽量であり、腐食しないといった材料特性を有している。また、含浸接着樹脂を用いてCFRPシートを接着することで、大掛かりな施工機械や特殊技能が不要であり、鋼材への溶接による熱影響やボルト孔の欠損もない。一方で、接着端部では大きなはく離せん断応力が生じ、はく離により脆性的に補修・補強効果がなくなることが懸念される。筆者らは、CFRP シートと鋼材との接着界面に高伸度弾性パテ材を入れることで、はく離抵抗性を高めた工法を検討しており、その成果をマニュアル¹⁾にまとめた。さらに、上記マニュアルの適用範囲拡大を目指し、鋼桁の曲げ耐荷力補強にCFRPが適用できるかを確認するために、フランジ、腹板の幅厚比を変化させた2軸対称プレートガーダーの耐荷力を実験で調べ、それぞれのもう一体の同種の試験体にCFRPシートによる補強を行い、その効果が高いことを確認している²⁾。本研究は、下フランジが大きい合成桁タイプの1軸対称プレートガーダーについて、同様のCFRPシート補強を行い、適用範囲と効果を明らかにすることとした。

2. 実験概要

本研究では、図-1示すような2点荷重の4点曲げ実験を行うものとし、実橋の約1/2の模型とする。試験パネルは中央の等曲げ区間の1.0mとする。試験パネルの両側に実験用載荷桁を添接して、支間長6mの試験装置とし、試験パネルを交換して載荷実験を行うこととする。

表-1に今回実験を行った試験体の種類を、表-2に試験体のCFRPシート補強範囲と積層方法を、表-3にCFRPシートや樹脂などの材料諸元を示す。今回の実験の補強方法としては、図-1に示す試験パネルの着色部に、①

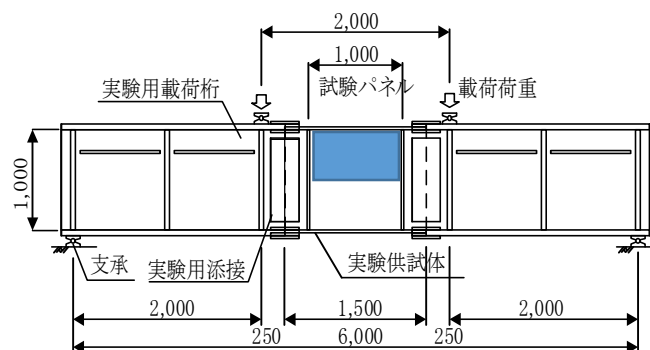


図-1 試験概要図

表-1 試験体の種類

試験体	材質	腹板幅厚比	水平補剛材	上フランジ幅厚比	下フランジ幅厚比
CASE1	SM490 Y	125 (tw=8.0 mm)	なし	11.8 (PL150×6)	10.1 (PL250×12)
CASE2		222 (tw=4.5 mm)	あり		10.4 (PL250×12)
CASE3					10.9 (PL200×9)

表-2 試験体のCFRPシート補強範囲と積層方法

試験体	CASE1	CASE2, CASE3
A	補強なし	補強なし
B	鋼桁中立軸 XY8 層	補強後中立軸 XY8 層
C	補強後中立軸 X8 層	補強後中立軸 X8 層
D	補強後中立軸 XY8 層	水平補剛材上部 XY8 層
E	補強後中立軸 XY4 層	補強後中立軸 XY4 層
F	補強後中立軸 XY8 層+ 上フランジ X8 層	補強後中立軸 XY8 層+ 上フランジ X8 層

※XY○層：繊維の方向を水平・鉛直方向交互に○層貼付け
 X○層：繊維の方向を水平方向に○層貼付け

表-3 補強材料諸元

項目	繊維目付	設計厚さ mm	引張強度 N/mm ²	引張弾性率 N/mm ²
CFRP シート(中弾性)	300	0.165	2900	3.9×10 ⁵
高伸度パテ材	-	-	8	55~75
エポキシ樹脂	-	-	30	1500(圧縮)

キーワード CFRP シート, プレートガーダー, 合成桁, 曲げ耐荷力, 補強

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 TEL 042-791-1943

プライマーを塗布, ②高伸度弾性パテ材(以下, パテと呼ぶ)を塗布, ③エポキシ樹脂で CFRP シートを含浸接着という手順で行った。

3. 結果および考察

今回の実験結果を代表して, 表-4 に終局曲げ耐荷力を示す。同表より以下のことがわかる。

水平補剛材なしで補強前の中立軸まで CFRP を貼付けた CASE1B は, 最も耐荷力増加率が大きく 54% であった。また, 補強後の中立軸まで CFRP を貼付けた 1D の増加率は 38% と高いことがわかる。一方, 鉛直方向を補強していない 1C の増加率は 14% であり, 補強効果が低いといえる。

水平補剛材ありの CASE2,3 については C,D,E の耐荷力増加率が 22~26% であり, 低いことがわかる。2C,3C については鉛直方向を補強していないこと, 2D,3D については水平補剛材より上部のみの補強であること, 2E,3E については補強量が 2B,3B の半分であること等が理由である。

4. 耐荷力評価

これらの耐荷力評価に横ねじれ座屈の連成効果を考慮した Q-factor 法³⁾を用いて計算した。また, 補強効果の高かった CASE2,3 の B と F について, 図-2 と表-5 に計算値と実験値を比較した。これらの図表における計算値は, 水平補剛材ありとなしの両方で比較している。

これらの結果から, 補強後の計算値は水平補剛材なしの方が近いことがわかる。この理由として, CFRP で補強した後の試験体では, 水平補剛材の必要剛度が不足していることが原因で, 水平補剛材なしの計算結果に近くなったものと考えられる。

5. まとめ

本実験のまとめは以下の通りである。

- (1) 1 軸対称プレートガーダーについても, CFRP シートにより曲げ耐荷力補強が可能である。
- (2) 補強後の曲げ耐荷力は, 補強が多くなると水平補剛材なしの計算値に近くなるといえる。

謝辞: 本研究を行うにあたり, 当時ものつくり大学学生の小出健君はじめ橋梁・構造研究室の方々に協力を頂きました。ここに感謝いたします。

参考文献

- 1) ㈱高速道路総合技術研究所: 炭素繊維シートによる鋼構造物の補修・補強工法設計・施工マニュアル, 2013.10
- 2) 服部雅史, 広瀬剛, 大垣賀津雄, 宮下剛, 奥山雄介, 小林朗, 秀熊佑哉: 炭素繊維シートで補強した 2 軸対称プレートガーダーの曲げ耐荷力実験, 土木学会年次学術講演会, I-242, 2017.9.
- 3) 西村宜男, 玉田和也, 小野潔: 鋼桁橋を対象とした強度設計の性能規定化, 構造工学論文集, Vol.53A. pp87-86, 2007.3.

表-4 終局曲げ耐荷力 単位:kN・m

試験体	A	B	C	D	E	F
CASE1	864	1334 (54)	989 (14)	1195 (38)	1070 (24)	1292 (50)
CASE2	651	912 (40)	814 (25)	801 (23)	818 (26)	956 (47)
CASE3	645	854 (32)	788 (22)	807 (25)	790 (22)	907 (41)

注) () 内は試験体 A からの増加率(%)を示す。

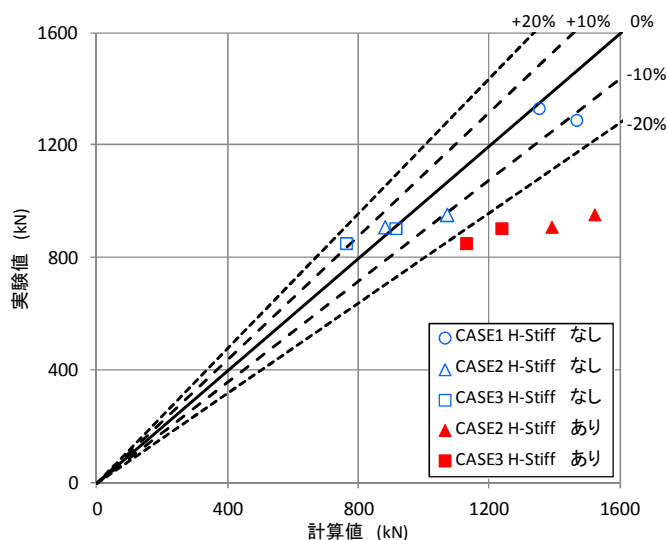


図-2 実験値と計算値の比較

表-5 水平補剛材の有無と計算値の関係

試験体と計算モデル			B	F
試験体	計算モデル	耐荷力	補強後の中立軸 XY8 層	補強後の中立軸 XY8 層+フランジ X8 層
CASE2	水平補剛材あり	計算値 Mu1 kN	1390	1521
		実験値 Mu2 kN	912	956
		(Mu1/Mu2)-1 %	-34.4%	-37.1%
	水平補剛材なし	計算値 Mu1 kN	879	1069
		実験値 Mu2 kN	912	956
		(Mu1/Mu2)-1 %	3.7%	-10.4%
CASE3	水平補剛材あり	計算値 Mu1 kN	1128	1236
		実験値 Mu2 kN	854	907
		(Mu1/Mu2)-1 %	-24.3%	-26.6%
	水平補剛材なし	計算値 Mu1 kN	761	912
		実験値 Mu2 kN	854	907
		(Mu1/Mu2)-1 %	12.2%	-0.5%