

曲げとせん断を受けるプレートガーダーの CFRP シートによる補強効果に関する実験研究

ものづくり大学 学生会員 ○下前照, 菊地新平, 正会員 大垣賀津雄
高速道路総合技術研究所 正会員 原田拓也, 長谷俊彦
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
日鉄ケミカル&マテリアル 正会員 秀熊佑哉, 西野晶拡

1. はじめに

近年, 道路構造物の耐力不足が問題視されており, 補強が必要な鋼橋が多数存在する. これまでの補強には鋼材が用いられているが, 施工には大掛かりな機材や特殊技能が必要であり, さらに鋼材への溶接による熱影響やボルト孔の欠損が生じる恐れがある. そのような中, 含浸接着樹脂を用いて炭素繊維シート (以下, CFRP と呼ぶ) を接着する工法が注目されている. 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.

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. 本研究では曲げモーメントとせん断力を受けるプレートガーダーを対象に, 腹板およびフランジに対する CFRP シートの貼り方, また, 水平補剛材の有無をパラメータとして実験を行い, 効果的な補強工法を検討する.

2. 実験概要

本研究では, 図-1 示すような 1 点载荷の 3 点曲げ実験を行うものとし, 実橋の約 1/2 の模型とする. 試験パネルは中央部の 2.0m とする. 試験パネルの両側に実験用载荷桁を添接して, 支間長 6m の実験装置とし, 試験パネルを交換して载荷実験を行うこととした. 表-1 に今回実験を行った供試体の種類を, 表-2 に供試体の 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.

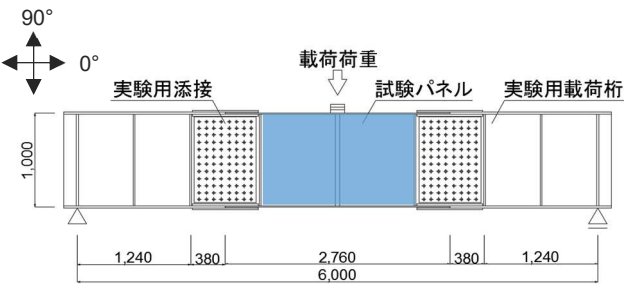


図-1 実験概要図

表-1 供試体の種類

供試体	水平補剛材	補強	腹板板厚 (mm)	腹板幅厚比 パラメータ	フランジ幅厚比 パラメータ		
N1	なし	無	8	1.22	0.77		
N2		有		0.78			
H1	あり	無	5	1.95			
H2		有		0.77			
H3							
H4				0.70			

表-2 CFRP シート補強範囲と積層方法 (片面分)

供試体	腹板		圧縮フランジ
	曲げ補強	せん断補強	
N2	補強後中立軸まで 5 層 (0°, 90°)	全面 2 層 (0°, 90°)	—
H2	補強後中立軸まで 12 層 (0°, 90°)	全面 2 層 (±45°)	—
H3	補強後中立軸まで 10 層 (0°, 90°)	全面 2 層 (0°, 90°)	—
H4	補強後中立軸まで 10 層 (0°, 90°)	全面 2 層 (0°, 90°)	全面 5 層 (長手方向)

表-3 補強材料諸元

項目	繊維目付 (mm)	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	2.9×10 ³	3.9×10 ⁵
CFRP シート (高弾性, H2 せん断補強)	300	0.143	1.9×10 ³	6.4×10 ⁵
高伸度パテ材	—	—	8	55~75
エポキシ樹脂	—	—	29	—

キーワード CFRP シート, プレートガーダー, せん断耐荷力, 曲げ耐荷力, 補強
連絡先 〒361-0038 埼玉県行田市市前谷 333 TEL 048-564-3851

3. 結果および考察

表-4 に各供試体の終局耐荷力を示し、図-2 に荷重点の下フランジの鉛直変位、図-3 に腹板上部の面外変位、図-4 に荷重点近傍の圧縮フランジのひずみを示す。これらの実験結果より以下のことがわかる。

N1 は図-3 に示す通り、腹板の面外変位が荷重の低い段階から大きくなっている。一方、CFRP シートで補強した N2 は終局段階まで面外変位が生じず、耐荷力が 31% 向上していることがわかる。

H2 と H3 は CFRP シートのせん断補強における繊維方向に違いがあるが、表-4 より、実験による耐荷力にはあまり差がないことがわかった。

無補強に対する耐荷力増加率は H4 が 31.3% であり、最も高くなっている。これは、圧縮フランジにも補強を行ったことで、曲げモーメントに対する耐荷力が向上したためであり、計算で評価できる。

表-4 より水平補剛材なしの条件で、文献 2) の曲げ強度とせん断強度を用いた 4 乗則で計算した結果は、実験値より -2% ~ +10% の差で評価できている。H ケースでは、腹板の補強により水平補剛材の必要剛度が不足したため、耐荷力が水平補剛材なしの条件での計算値に近づいたと考えられる。

今回使用した N 供試体は圧縮フランジが降伏する前に腹板が先行して座屈するようなスレンダー断面であったが、図-4 より CFRP シートによる補強を行ったあとは圧縮フランジが先に降伏に至り、スレンダー断面をノンコンパクト断面になるまで補強ができることがわかる。

4. まとめ

曲げとせん断を受けるプレートガーダーについても、CFRP シート補強による耐荷力向上が可能であり、計算で評価できるといえる。今後、床版取替え等の大規模更新工事に合わせて、耐荷力が不足している鋼桁の補強が必要であり、本研究成果をマニュアル化したいと考えている。

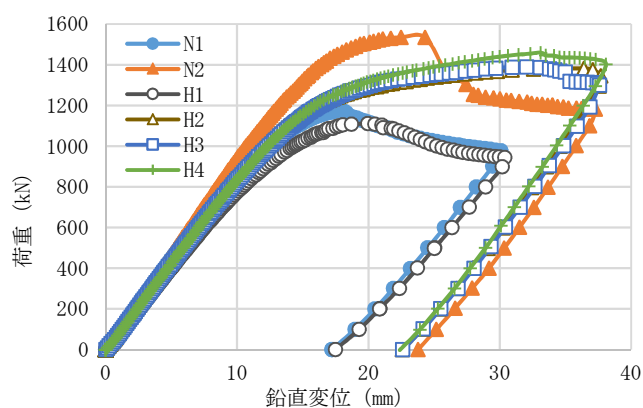


図-2 荷重点下フランジ鉛直変位

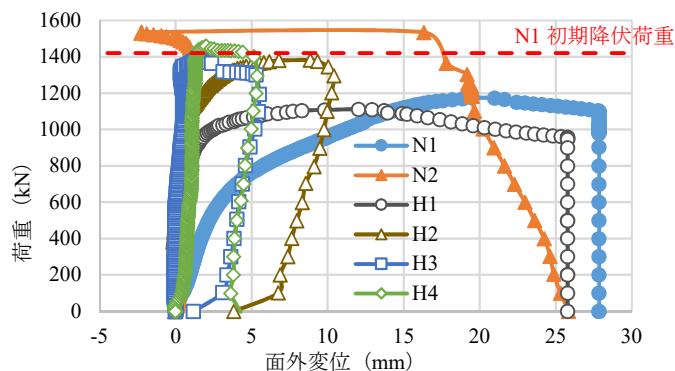


図-3 腹板上部面外変位

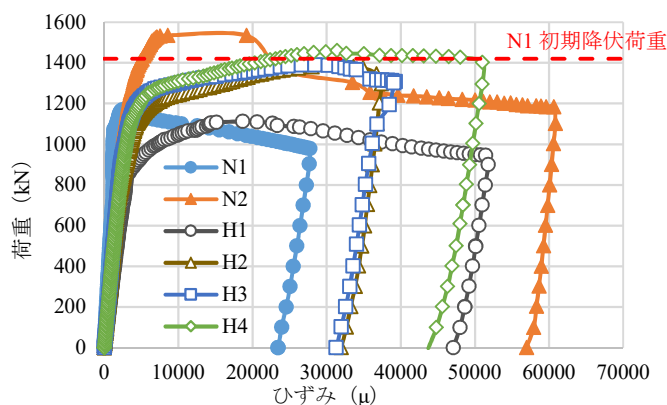


図-4 圧縮フランジひずみ

参考文献

- 1) 株式会社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) 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 終局耐荷力

供試体	補強方法			耐荷力 Pu(kN)	無補強からの 増加率(%)	水平補剛材無しとして		水平補剛材有りとして	
	腹板中立軸まで	腹板全面	フランジ			計算値 Pci(kN)	Pu/ Pci	計算値 Pci(kN)	Pu/ Pci
N1	—	—	—	1174	0	1267	0.93	—	—
N2	5 層(0,90°)	2 層(0,90°)	—	1538	31.0	1492	1.03	—	—
H1	—	—	—	1113	0	999	1.11	1131	0.98
H2	12 層(0,90°)	2 層(±45°)	—	1386	24.5	1412	0.98	1664	0.83
H3	10 層(0,90°)	2 層(0,90°)	—	1391	25.0	1294	1.07	1494	0.93
H4	10 層(0,90°)	2 層(0,90°)	5 層(長手)	1461	31.3	1439	1.02	1541	0.95