

著しい腐食損傷を生じた鋼 I 桁に対する F R P を用いた補修工法の検討

日鉄ケミカル&マテリアル（株） 正会員 〇三宅 央真 秀熊 佑哉
長野工業高等専門学校 正会員 奥山 雄介

1. はじめ

歩道橋の現況として、老朽化が進んでおり、財政状況に制約がある中で効率的で合理的な維持管理をしていくことが求められている。鋼部材の老朽化の原因は、腐食損傷が大半を占める。これらの劣化に対する補修工法としては、部材交換法、当て板工法が適用されるが、それらは工期が長く、また、クレーンなどの重機や溶接などの大掛かりな設備が必要となってしまうため、効率的ではない。そこで近年、炭素繊維シート接着工法の適応性が研究されている。炭素繊維シート接着工法は当て板工法に比べて軽量で母材にダメージを与えず、炭素繊維は錆びることがなく、また、施工後には空気や水を遮蔽し鋼材面が腐食しない防食というメリットもあるため、常に雨風にさ

らされ続ける歩道橋には適していると考えられる。また、炭素繊維束をすだれ状に含浸硬化したストランドシートリを用いることで、施工現場での含浸作業が不要になり、より簡便に炭素繊維シート接着が行える。

本研究では、歩道橋などで用いられる鋼 I 桁に著しい腐食損傷が生じた場合の FRP 接着による補修効果について検討を行う。著しい腐食損傷として上フランジが腐食により全損した I 形鋼を想定し、腐食を模擬するために上フランジを切り落とし、そこに炭素繊維シートおよびガラス繊維で成型されたアングル材を貼付け、曲げ試験により補修効果の検討を行った。

2. 実験概要

使用した材料の寸法及び物性を表－1、表－2 に、供試体図を図－1、図－2 示す。

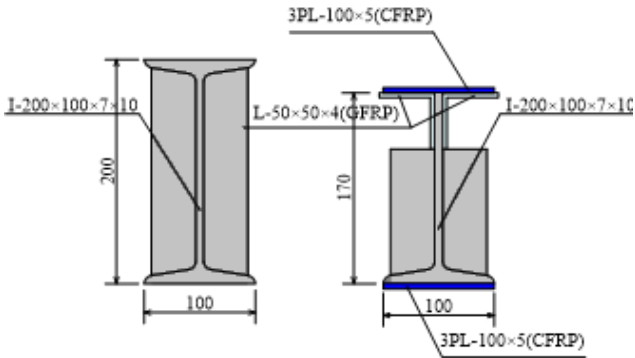
炭素繊維ストランドシートはフランジ上下面に3300mm 長さで 3 層貼り付けた。試験はスパン3400mm 等曲げ区間 500mm の 4 点曲げとし、荷重が低

表－1 材料特性

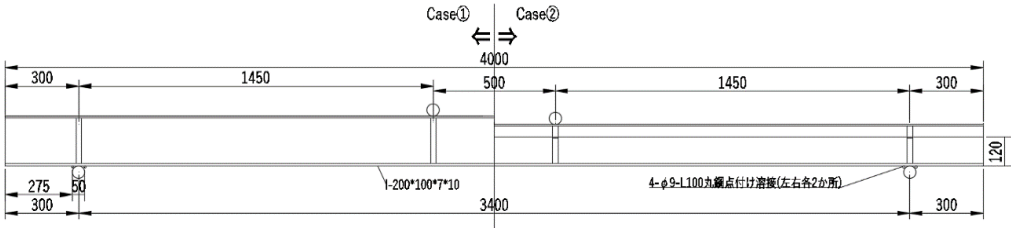
	I 形鋼	L アングル
寸法 [mm]	I200×100×7×10	L4×50×50
材質	SS400	GFRP
弾性率[N/mm ²]	200,000	18,100
降伏点[N/mm ²]	325	－

表－2 炭素繊維ストランドシートの材料特性

種類	高弾性型ストランドシート FSS-HM900
設計厚 [mm]	0.429
弾性率[N/mm ²]	703,000
引張強度[N/mm ²]	1,900



図－1 供試体断面図(単位:mm)



図－2 曲げ試験方法(単位:mm)

キーワード CFRP，鋼部材，補修，腐食，曲げ試験

連絡先 〒103-0027 東京都中央区日本橋 1 丁目 13 番 1 号 日鉄日本橋ビル TEL 03-3510-0343

下するまで変位制御での単調载荷とした。荷重、鉛直変位、等曲げ区間中央部のひずみの計測を行った。

試験ケースは、Case①健全なケースと Case②上フランジが全損した I 桁を炭素繊維ストランドシートおよび GFRP アングルで補修したケースの 2 種類である。鋼 I 桁の上フランジの腐食損傷を模擬するために、供試体上端から 30 mm の領域を切断し、GFRP アングル材をウェブ上端に貼付け、その上に炭素繊維ストランドシートを積層した。炭素繊維ストランドシートの積層枚数は断面二次モーメントが、切断後に健全時の 29% まで低減したものを健全時の 83% まで戻るように設定した。

3. 試験結果

図-3 に Case①, Case②の実験値及び計算値、鋼 I 桁の上フランジの腐食損傷を模擬するために、供試体上端から 30 mm の領域を切断したケースの計算値の荷重-鉛直変位を示す。同図において、Case①健全時は降伏荷重に到達した後も、鉛直変位が 60 mm に達しても座屈等の変化は見られなかった。これに対して、Case②補修時についてみると、炭素繊維ストランドシートと GFRP アングルの界面に剥離が生じ、等曲げ区間に炭素繊維ストランドシート及び GFRP アングルに座屈が生じ、55.7 kN で荷重が急激に低下した。終局時の状態を図-4 に示す。

各計算値は鋼材換算した弾性率比を用いた合成断面とした場合の断面二次モーメントを使用して計算

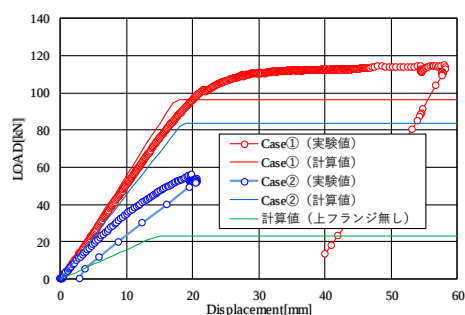


図-3 荷重-鉛直変位



図-4 終局時の等曲げ区間

している。補修を行うことで上フランジが無い状態よりも曲げ剛性及び耐力が大きいたことがわかり、補強の効果が確認された。一方で補修後の実験値が剛性及び耐力共に計算値と比較して小さいことがわかる。これは等曲げ区間で GFRP アングルの座屈による炭素繊維シートとの剥離が生じたため、炭素繊維シートの補強効果が十分に得られなかったためだと考えられる。

次に、弾性域である 30kN 時における载荷点中央のひずみ分布を図-5 に示す。これより、Case②の中立軸の位置が Case①健全よりも低い位置にあることがわかる。このことから、上フランジにありかつ弾性率の低い GFRP アングルに応力が集中し、CFRP 補強層との層間で剥離が発生し座屈したと考察される。

下フランジについては、健全時と同程度のひずみとなっていることから、本供試体に対して、上フランジ側のシート積層数を増やし、中立軸の位置を健全時と同程度以上にできれば、効果的な補修が可能であるといえる。

4. まとめ

曲げ試験より、全損した I 形鋼を炭素繊維ストランドシート及び GFRP アングルにより補修することで、曲げ剛性及び耐力が上がり補強効果を確認した。補修した鋼桁は、中立軸の位置が健全時よりも低くなるため、上フランジでの応力が大きくなる。そのため、補修時のアングル材に応力が集中し、座屈が生じる結果となった。このことから、上フランジへの炭素繊維ストランドシートの積層数を増やすことによって、中立軸の位置を回復させることで、健全時程度の強度を得られると考える。

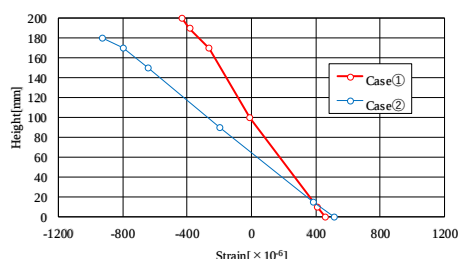


図-5 30kN 载荷時の载荷点中央部の歪分布

5. 参考文献

- 1) 秀熊, 小林, 宮下, 奥山, 石川: 断面欠損を有する鋼板の炭素繊維ストランドシート接着による補修方法, 土木学会第68 回年次学術講演会, I-340, 2013