

腐食損傷した鋼部材接合部における CFRP および CF アンカー補修の検討

長岡技術科学大学 学生会員 ○上原 侑也, 田中 幹基

首都高速道路株式会社 正会員 和田 新

新日鉄住金マテリアルズ株式会社 正会員 秀熊 佑哉, 小林 朗

長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛

1. 背景

鋼構造物の劣化要因の多くは腐食であり, その中でも, 伸縮継手からの漏水に起因する桁端部の腐食事例が多く報告されている. その腐食事例の 1 つとして, 鋼部材接合部における溶接ビードの損傷 (図-1) が報告されている. 従来の補修方法として, 当て板補修や, 損傷部材の交換が挙げられるが, これらの鋼材を用いる補修方法の場合, 大型の重機の使用や交通規制が必要となり, 様々な制約を受けるというデメリットがある.

そこで, 供用中の制約条件下で, かつ損傷部材を欠損させることなく補修できる, 炭素繊維シート (以下, CFRP) 接着工法が注目されている. 既往の研究から, 腐食損傷した鋼橋支点部を模擬した試験体に CFRP 補修を施すことで, 圧縮耐荷力が健全部と同等以上まで回復することが確認されているもの¹⁾, これまでに引張力を受けるケースに関しては検討されていない. 補修対象箇所は桁端部であり, 相対変位や局部応力による引張応力度の発生は小さいことが予想されるが, 損傷が著しい場合, その値は定かではない. また, 補修として初期段階への構造性能回復を考えると, 欠損部の引張剛性を健全部と同等以上まで回復させることで, 溶接ビードと同等の機能回復が求められる.

本研究では, 腐食損傷した鋼部材接合部において, CFRP 補修を施し, 溶接ビードの機能を回復させることを目的として, 図-1 のウェブの損傷状況を模擬した十字試験体に CFRP 補修を施し, 引張試験を行う.

2. 試験ケース

表-1 に示すように, 合計 5 パターンの試験体を作成し, 引張試験を実施した. 試験体名は, 「補修方法 (N: 補修なし, S: 当て板補修, C: CFRP 補修, CF: CF アンカー補修) - CFRP の定着箇所 (flg: 下フランジ, edge: 溶接止端部)」とする. 一例として,

試験体 C-flg の図面を図-2 に, 試験体 CF の図面を図-3 に示す.

CF アンカーはコンクリート構造物において CFRP の端部定着材料として用いられている材料であり, シート端部の応力伝達が期待できる²⁾. CF アンカー施工の際には, 鋼部材接合部のウェブのキワに削孔出来ないことからエポキシパテ材でテーパを成形し, CF アンカーを貼り付けた. CF アンカーは孔を通してフランジの下面に扇状に定着した.

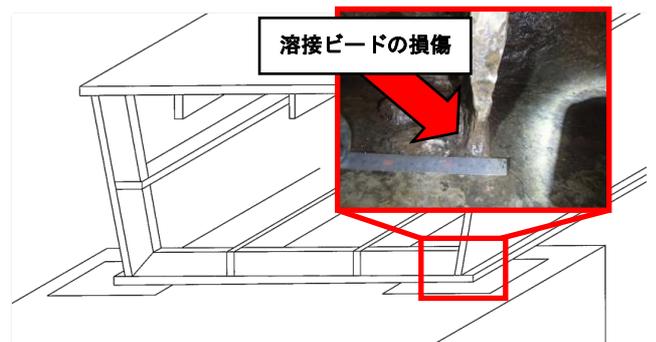


図-1 鋼部材接合部における溶接ビードの損傷

表-1 試験ケース一覧

試験体名	補修方法(表/裏)	CFRPの定着箇所	試験体数
N	補修なし	-	3
S	当て板補修(6.0mm/6.0mm)	-	
C-flg	CFRP補修(14層/14層)	下フランジ	
C-edge	CFRP補修(14層/14層)	溶接止端部	2
CF	CFアンカー補修(127本/127本)	-	

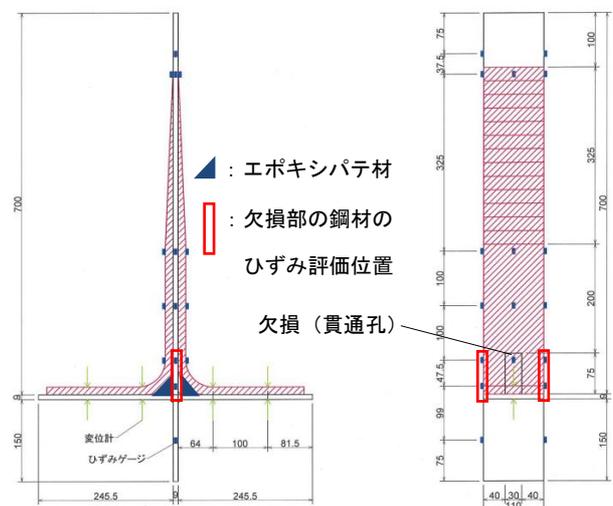


図-2 試験体 C-flg

キーワード CFRP, CF アンカー, 鋼部材接合部

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL. 0258-47-9641

3. 設計方法

当て板補修はトルシア型高力ボルト (S10T, M20) により接合した L 型鋼材 (ウェブ: 2 段 1 列, フランジ: 1 段 1 列) により行い, 板厚は断面欠損部の剛性の回復と溶接性を考慮し, 6.0mm とした.³⁾

CFRP の積層数は, 引張剛性が当て板と同程度になるように 300g/m² の高弾性シート (弾性係数: 640GPa) を片面当たり 14 層とした.¹⁾

CF アンカー (弾性係数: 245GPa) は, 欠損部の剛性の同等以上の剛性となるよう 127 本とし¹⁾, その値を基に CF アンカー扇部の設計接着耐力 (131kN) を算出した²⁾. なお, 含浸接着樹脂は CFRP と同様のエポキシ樹脂を使用した.

4. 試験結果

図-4 に各試験体の欠損部の補修効果を示す. ここで補修効果とは, 合成断面として算出した欠損部のひずみ理論値に対する実験値の割合とする. 図-4 から, 試験体 CF 以外では, 荷重の増加に伴い補修効果が低減しているのに対し, 試験体 CF は荷重の増加に伴い, 補修効果が向上しており, 90kN 付近から補修効果が各試験ケースの中で最大となった. なお, 試験体 CF のはく離荷重は約 180kN となった.

ここで, 図-5 に CF アンカー上の荷重-ひずみ関係を示す. 図-5 より, CF アンカーの折り曲げ位置に貼付した S6 の値が 90kN 付近から増大していることから, この付近から CF アンカーの効果が表れていることがわかる. これは図-4 の結果と一致する. 载荷の初期で補強効果が小さいのは, CF アンカーの折り曲げ部の緩み等によるものと考えられる.

5. まとめと今後の課題

本研究では, 腐食損傷した鋼部材接合部において, 当て板, CFRP 及び CF アンカー補修により, 欠損部の剛性を健全部と同等以上まで回復させることを目的として引張試験を実施した. 結果として, CFRP 接着では, 定着の取れない接合部付近の補修は困難であり, 低荷重時では当て板が, 90kN (健全部鋼材応力 90MPa) 以上の高荷重時では CF アンカーが最も高い補修効果を示した.

CF アンカーの初期の補修効果が小さいのは, 折り曲げ部の緩みが原因のひとつと考えられるため, 今後は, テンションをかけながら貼り付けるなど定着方法を検討し, 補修効果の改善を図る.

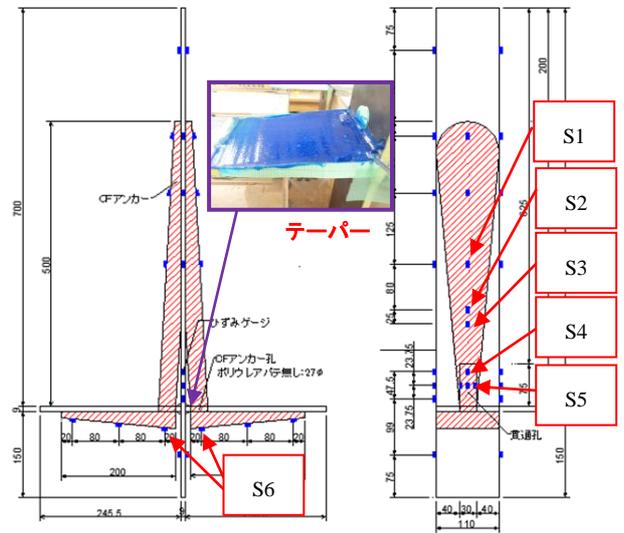


図-3 試験体 CF (CF アンカー補修試験体)

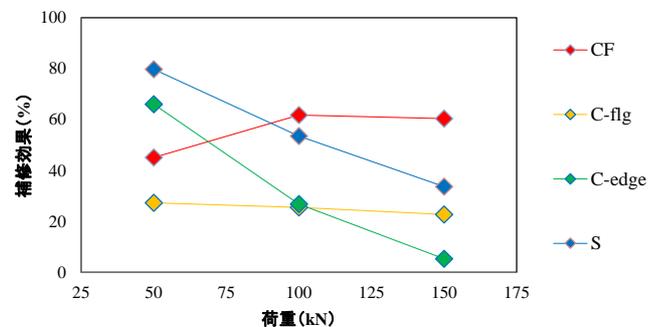


図-4 各試験体の欠損部の補修効果 (断面平均)

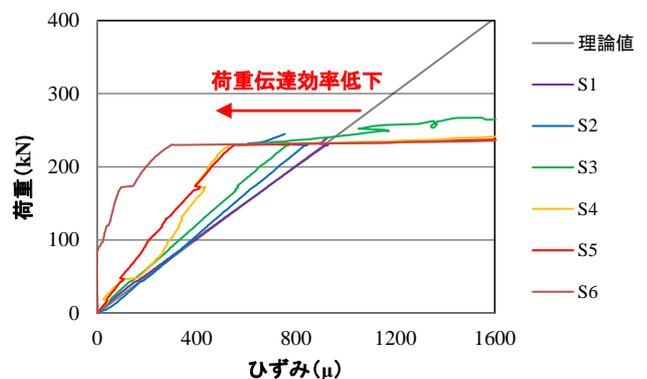


図-5 試験体 CF の CF アンカー上の荷重-ひずみ関係

参考文献

- 1) (株) 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
- 2) 財団法人土木研究センター, 建設技術審査証明報告書 (建技審証 第 0603 号) 炭素繊維シート端部の定着材料「CF アンカー」, 2006.11
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編), 2014