広島大学大学院 学生会員 〇横田 龍一 広島大学大学院 フェロー会員 藤井 堅 コニシ(株) 正会員 堀井 久一 新日鉄住金マテリアルズ(株) 正会員 秀熊 佑哉

1. 背景・目的

現在,我が国では高度経済成長期に整備された社会 インフラの老朽化が社会的問題となっている.鋼橋で は疲労の他に腐食が代表的な損傷の事例であり,腐食 した鋼材の補修・補強は鋼板をボルトや溶接で添接し て行われることが多い.しかし,近年接着剤を用いて CFRP や鋼板を接着する強度回復法が研究されており, すでに CFRP 接着による性能回復法は実構造物に対し て採用されるようになった.

接着補修を施す場合は、母材が腐食していない部位 を含む腐食部全体に添接板を設置し、母材の全強を保 障するような補修が原則とされている.しかし、フラ ンジ全体が腐食している沿岸の橋梁など、健全部を含 めた範囲への添接板の設置が困難なケースでは、軽微 な腐食部はそのままに、腐食が特に著しい箇所を部分 的に補修することにより設計荷重を保証する補修法も 考えられる.本研究では、強度上危険な箇所を部分的 に補修した場合の補修区間の強度回復効果について検 討する.

2. 試験概要

本研究では、腐食表面生成モデル ¹に基づき両面に 疑似腐食を施した供試体に接着補修を施し静的引張試 験を行う.同モデルは表面の減肉を疑似的に表現する モデルであり、同じ腐食面を持つ供試体を多数作製す ることで、表面の凹凸を考慮しつつ、補修・補強による 強度回復効果を定量的に評価する.本研究では、5種 類の補修長さの鋼板接着供試体および CFRP 接着供試 体を作製して試験を行い、補修長さが強度回復効果に 及ぼす影響を明らかにする.

本研究で作製した疑似腐食表面の減肉量を Fig. 1, 供試体母材の概形を Fig. 2,疑似腐食区間の断面平均 板厚分布を Fig. 3 に示す.疑似腐食区間左端から 219mmの断面平均板厚が 8.78mm(減肉量 2.72mm) で最小となるため,この断面を中心に添接板を接着す る.母材および添接板,接着剤の材料特性を Table 1 に 示す. CFRP 添接板は、シートを片面あたり4枚積層 して含浸接着させることで設計強度を受け持たせてい る. なお、CFRP 接着工法では、接着端部の応力集中 を避けるため接着端部に25mmのずらし長さを施すが、 接着長さが50mm および100mmの供試体では長さの 制約によりずらし長さを設けていない.



E258	FP-E9	FB-E9S	FR-E9P
(鋼板接着)	(プライマー)	(不陸修正材)	(含深接着樹脂材)
27.5	18.2	16.7	15.4

3. 試験結果

Fig. 4 に鋼板接着供試体の荷重 - ひずみ曲線を示す. ここでいうひずみは、全体伸びを供試体のチャック間 の長さである有効長さで除した値である.いずれの供

キーワード 腐食損傷,鋼板接着補修,CFRP 接着補修

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻

TEL: 082-424-7819

試体も弾性域での挙動はほぼ同様であるが,塑性域に 入ると荷重の減少が見られる.これは,添接板の剥離 が進展し強度回復効果が失われるためである.その後 の挙動はいずれの供試体もほぼ同様であり,荷重が 400kN前後に達すると破断している.腐食区間補修長 さ450mmの供試体は腐食区間全体のみならず健全部 にも鋼板を接着した供試体であり,ひずみが2.7%程度 に達してから剥離している.また,接着長さ50mmの 供試体は早期に剥離が進展しているが,その他の供試 体はひずみが1.6%程度に達するまで剥離していない.

Fig. 5 に CFRP 接着供試体の荷重 - ひずみ曲線の部 分図を示す. ずらし長さを設けていない 50mm, 100mm 接着供試体は強度回復効果が小さいことが分 かる.また,鋼板接着供試体と比較すると早い段階で 剥離が進展している.これは CFRP の弾性係数が母材 と大きく異なることでひずみ差が生じ,塑性域に入る と脆性的に剥離するためと考えられる.ひずみ差によ り生じるせん断力を軽減するために高伸度性パテ材が 用いられることもあるが,本研究では用いていない.

各供試体の添接板の耐荷力を Fig. 6 に示す. 接着長 さが大きくなると耐荷力が増す傾向が見て取れる. 腐 食区間全体を覆った 450mm 補修供試体は健全な状態 の降伏応力にまで耐荷力が増加し,全強が保障されて いることがわかる. 一方で,補修長さが 200mm 程度 でも耐荷力の値は健全な状態に近い.

Fig. 7,8 に、腐食区間の一部が塑性域に入る荷重 300kN時の、ひずみゲージで測定した母材のひずみの 分布を示す.補修長さが大きくなるとひずみが小さく なる傾向にある.しかし、最小断面積位置である 219mm 箇所に着目すると補修長さが鋼板接着供試体 においては 100mm、CFRP 接着供試体については 200mm に達するとほぼ同等の値となっている.青木 ら²⁰は、接着端部では母材に応力の集中が生じるもの の、接着端部からある程度の長さを確保すれば応力の 集中がほぼ見られなくなるとしている.Fig. 6 と併せ 考えると、本研究の条件では接着長さを 200mm 程度 確保すれば十分な部分的強度回復効果が得られると考 えられる.

4. まとめ

- 腐食区間全体に添接板を接着すると,強度は健全 な状態にまで回復したが,部分的な補修でも健全 な状態に近い値にまで強度の回復が見られた.
- 耐荷力は CFRP 接着供試体より鋼板接着供試体のほうが大きかった。一方で剥離発生時のひずみ

は CFRP 接着供試体のほうが小さくなった.



Fig. 4 鋼板接着供試体の荷重 - ひずみ曲線



Fig.5 CFRP 接着供試体の荷重 - ひずみ曲線





Fig. 7 鋼板接着供試体母材のひずみ分布 (300kN)



Fig. 8 CFRP 接着供試体母材のひずみ分布 (300kN)

5. 参考文献

- 藤井堅ら:経年変化を考慮した腐食表面生成モデル,構造工学論文集,vol.50A, pp.657-665, 2004.
- 青木康素ら:片面当て板接着補修された断面欠損 を有する鋼部材の曲げ応力性状,構造工学論文集, Vol.59A, pp.647-656, 2013.