

鋼板に接着したCFRPシートの剥離特性解明に関する実験的研究

長岡技術科学大学	学生会員	佐藤 久	和久井穰
長岡技術科学大学	正会員	長井正嗣	宮下 剛
川崎重工業(株)	正会員	○大垣賀津雄	杉浦 江
(株)高速道路総合技術研究所	正会員		緒方辰男
日鉄コンポジット(株)	正会員		小林 朗

1. はじめに

鋼構造物は腐食等様々な要因で経年劣化し、性能が低下していく。劣化した構造物の補修・補強工法として、これまで鋼板をボルトや溶接により添接する当て板補修や、部材交換等が行われている。しかし、これらの作業は大掛かりなものになり、様々な制約を受けることになる。そのため、供用中の制約条件の下で効果的な工法が強く求められている。そのような中、炭素繊維シートに樹脂を含浸させ硬化させた炭素繊維強化プラスチック（以下、CFRP）を用いる方法が注目を浴び、適用に関する研究例が多く見られるようになってきている。また、施工例も見られるようになった。

CFRPを用いるメリットとして、従来の当て板補修のように溶接やボルトを用いないため、溶接の熱影響や、ボルト孔による断面欠損が生じない。また、母材を痛めることがなく、薄く軽量であるため重量増加も発生しない。そのため、比較的容易に、応力的改善が図れる。さらに、大掛かりな作業・設備が必要なく、手作業がメインになるため施工スペースの制約を受けにくい等が挙げられる。

CFRPの使用に関する研究が数多く行われるようになってきたが、設計上重要な検討項目となる、CFRPの剥離特性が十分に解明されているとは言えない。そこでフランジ幅の異なるCFRP補強H形鋼材を用いた等曲げ試験を行い、CFRPの剥離特性を検討した。

2. 実験概要

図-1に示すように、上下フランジに炭素繊維シートを接着補強した支間長4200mmのH形鋼に4点荷重を行い、鋼材並びに、CFRPの荷重-ひずみ関係を測定するとともに、CFRPの剥離状況を目視・打音検査により観察した。試験に使用した桁のCFRP接着状況を図

-2に示す。各最外面シート長は100, 300, 600mmとなっており、それぞれを貼付タイプA, B, Cとした。CFRP接着は端部各層25mmずらしで応力緩和を行い¹⁾、また引張側のCFRP長300mm, 600mmには離型フィルムを入れ、接着長100mmを保っている。また本研究で載荷装置の性能、鋼材の再利用等を考慮して鋼材の降伏荷重の8~9割程度の載荷とした。

3. 試験結果及び考察

図-3に荷重-ひずみ関係を示す。ここでは貼付タイプAの荷重-ひずみ関係は示していない。この補強断面ではシート長が不足していたために、応力の伝達が不十分となりひずみが理論値に達しない計測位置が多数生じた。最外面シート長が300mmの貼付タイプBでは、実測値は補強鋼材の理論値と一致するが、鋼材ひずみが1000 μ を超えたあたりから、無補強鋼材の理論

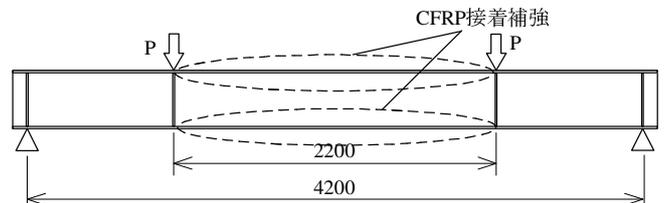
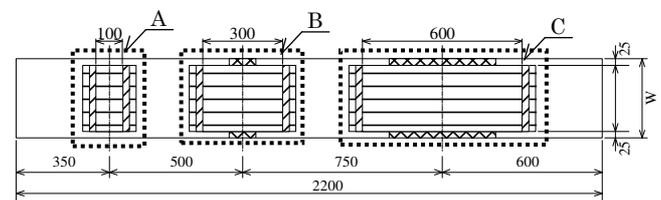
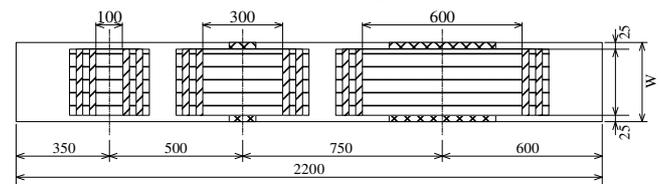


図-1 実験概要



(a) 3層接着



(b) 5層接着

図-2 CFRP接着状態

キーワード 腐食, 補修, CFRP, 剥離

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 建設構造研究室 TEL:0258-46-6000(内線6307)

値へと移行していく。しかし、この時 CFRP には剥離と
考えられるひずみ挙動などは検知できなかった。最外
面シート長 600mm の補強断面でも、同様の現象が見ら
れた。

図-4 にフランジ幅 300mm の鋼材ひずみ - 分担率関係
を示す。縦軸 $\Delta P/P$ は CFRP の荷重分担率となっており、
鋼材ひずみが理論値を上回った時の鋼材ひずみをプロ
ットしている。フランジ幅 400mm の試験体では載荷終
了まで補強効果が発揮されていた。

4. まとめ

以下に本研究で得られた結果を要約する。

①シート長による影響

最外面シート長 100mm の補強断面では十分な応力
伝達が行われなため、CFRP ひずみ、鋼材ひずみと
もに、理論値を下回る計測点が多々あった。一方、最
外面シート長 300mm, 600mm の補強断面では補強鋼
材のひずみ理論値と実験値はほぼ一致した。これらの
ことから、極端に、補修部分が小さな場合でも、片側
100mm 以上の有効接着長を取る必要があると言える。

②シート幅が剥離に与える影響

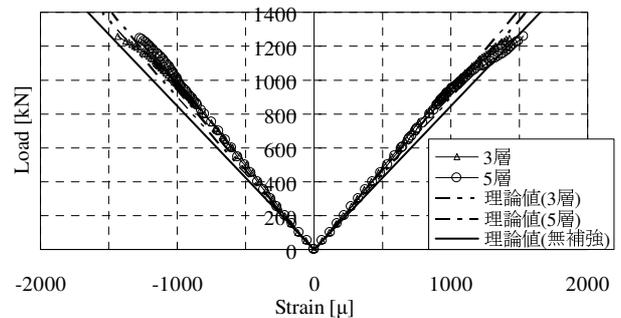
全ケースにおいて、局所的なひずみの変動は生じた
が、明確な剥離の現象は確認されなかった。今回の実
験においてフランジ幅、CFRP 幅が剥離に与える影響
は確認できなかった。

③分担率と剥離の関係

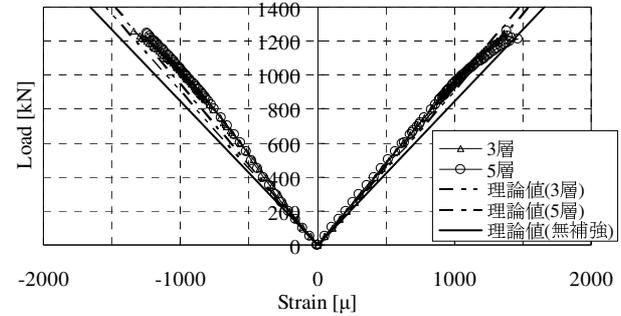
今回の実験では、荷重分担率 $\Delta P/P=0.05\sim 0.11$ の範
囲内では、CFRP には最小 1000 μ 程度で、局所的なひ
ずみの変動が見られたが、全体剥離は生じなかった。
しかし、鋼材ひずみが 1050 μ (応力: $\sigma_s=210\text{MPa}$) 程
度で、無補強鋼材のひずみ理論値に近づくデータがあ
った。これより CFRP の補強効果は鋼材ひずみ 1050
 μ 程度までは発揮されていると言える。

【参考文献】

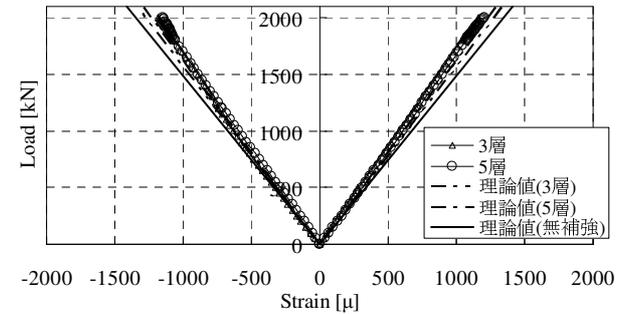
1). 杉浦江, 小林朗, 大垣賀津雄, 稲葉尚文, 富田芳男,
長井正嗣: 鋼部材腐食損傷部における炭素繊維シート
接着方法に関する解析的検討, 土木学会論文集 A,
Vol.64, No.4, pp806-813, 2008



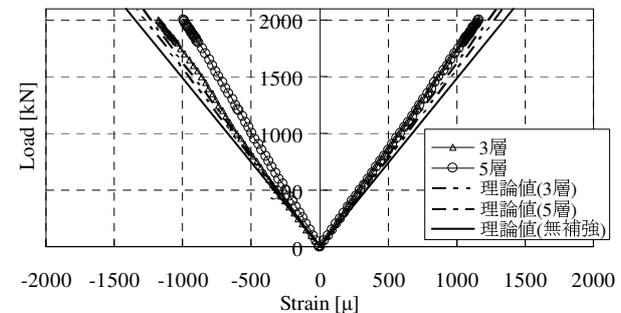
(a) フランジ幅 300mm - 貼付タイプ B



(b) フランジ幅 300mm - 貼付タイプ C



(c) フランジ幅 400mm - 貼付タイプ B



(d) フランジ幅 400mm - 貼付タイプ C

図-3 荷重 - ひずみ関係(シート中央)

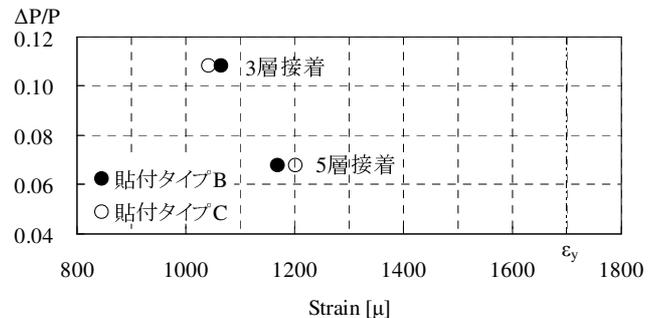


図-4 鋼材ひずみ - 分担率関係
(フランジ幅 300mm)