

CFRP 接着した断面欠損を有する鋼板の低弾性パテが剥離に及ぼす影響

長岡技術科学大学 学生員 ○田中 幹基, 濱 達矢
 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. はじめに

断面欠損を有する鋼板の補修方法として、炭素繊維シート（以下、CFRP）を接着し、欠損部の剛性を健全部と同等以上まで回復させる補修方法が一般的に行われている¹⁾。しかし、急激な断面変化を有する場合、健全部の降伏前にCFRPが剥離してしまう場合が報告されている^{2), 3)}。また、CFRPの剥離防止としては、文献4)のように、低弾性のポリウレアパテを鋼材とCFRPの間に挿入する方法があり、欠損の無い鋼板の引張試験においてその効果が確認されている。

そこで、本研究では、両面にCFRPを接着した断面欠損を有する鋼板の引張試験を行い、低弾性のポリウレアパテがCFRPの剥離に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

図-1に示すように、中央の両面に機械加工により長さ300mm 深さ3mmの断面欠損が導入された鋼板（SS400、降伏点：317MPa、1500L×60B×9t）に、欠損を覆うように炭素繊維シートを接着し、引張試験を実施した。欠損部は接着樹脂にて充填されている。使用した炭素繊維シートのヤング係数は701GPa、設計厚0.143mmであり、3mmの断面欠損に対する必要積層数は、欠損分の引張剛性を補うように、片面あたり6層と決定している。定着長は200mmとし、シート端は各層25mmずらして積層した。試験体は、ポリウレアパテ（弾性係数：68MPa、塗布厚：0.8mm、ポアソン比：0.49）有りとし、CFRPの剥離について検討を行った。

3. 結果と考察

3.1 荷重-ひずみ関係

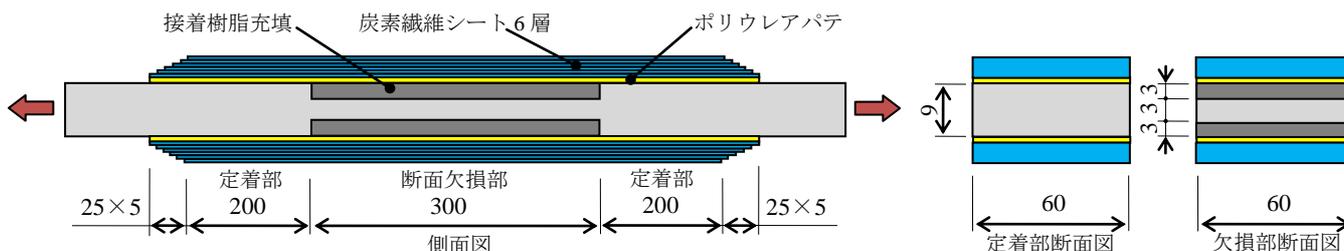


図-1 試験体

図-2, 3に引張試験より得られた荷重-ひずみ線図を示す。同図より、欠損部中央のひずみは理論値とよく一致していることがわかる。また、両試験体とも健全部の降伏荷重前に欠損端部で降伏が生じているが、CFRPが剥離することなく、健全部の鋼材が降伏に至っていることがわかる。

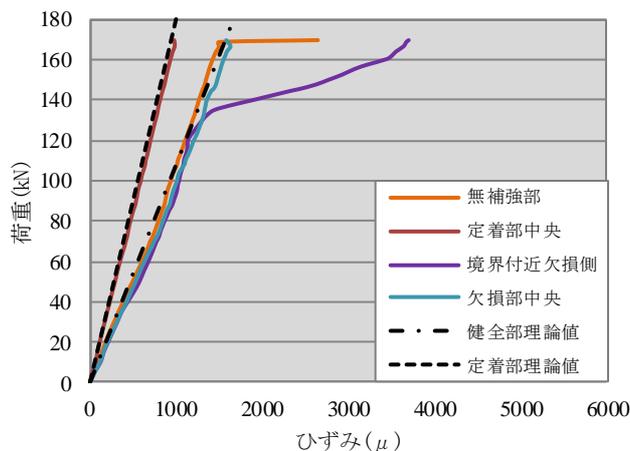


図-2 荷重-ひずみ関係(ポリウレアパテ無)

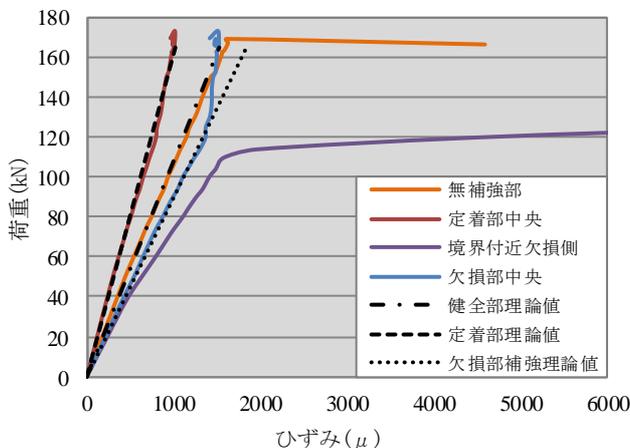


図-3 荷重-ひずみ関係(ポリウレアパテ有)

キーワード 鋼部材, 断面欠損, 補修, 接着接合, CFRP, スtrandシート

連絡先 〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町3-8 新日鉄住金マテリアルズ(株) TEL 03-5623-5558

3. 2 破壊形態

各試験体とも、表-1 に示す欠損部端部の鋼材降伏後から、欠損部付近の充填樹脂にひび割れが発生した。その後、健全部鋼材の降伏に至ったが、降伏後も荷重し続けた結果、表-1 に示すように、ポリウレアパテ無ではCFRPの破断が、ポリウレアパテ有ではCFRPの剥離が発生した。

ポリウレアパテの有無による破壊形態の違いを明らかにするために、FEAによる検討を行った。FEAモデルは、試験体の対称性を考慮して1/4モデルとする。要素は、2次アイソパラメトリック三角形平面応力要素を使用した。CFRP部は接着樹脂(弾性係数:2533MPa, 厚さ:0.517mm, ポアソン比:0.4)と炭素繊維シートを交互にモデル化している。

図-4, 図-5に実験およびFEAによる各ケースの鋼材中央およびCFRP表面の応力分布を示す。これらの図より、ポリウレアパテ無のケースでは、実験結果、FEAともにCFRPの欠損部付近で応力が集中していることがわかる。これにより、CFRPの破断に至ったと考える。一方で、ポリウレアパテ有では、CFRPに応力集中が発生していない。これは、低弾性であるポリウレアパテにより応力集中が緩和されたためと考える。また、図-6に一層目のCFRPのせん断応力分布を示す。この図より、パテ材を挿入することで、エポキシ樹脂のせん断応力比が著しく低減し、欠損部のせん断応力集中を防止する効果があることがわかった。

4. まとめ

欠損部に急激な断面欠損を有する鋼板をCFRP接着にて補修する場合、鋼材とCFRPの間に低弾性のポリウレアパテを挿入することにより、欠損部での応力集中が緩和され、CFRPの破断を防ぎ、CFRPの性能を最大限に活用することができる。

参考文献

- 1) 杉浦, 小林, 稲葉, 本間, 大垣, 長井: 鋼部材腐食損傷部の炭素繊維シートによる補修技術に関する設計・施工法の提案, 土木学会論文集 F, vol.65, No.1, pp106-118, 2009.3
- 2) 立石, 横田, 岩波, 加藤, 小林, 戴: 水中施工の可能なFRPを用いた港湾鋼構造物の補強実験, 構造工学論文集, Vol.56A, pp.644-655, 2010.
- 3) 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.
- 4) (株) 高速道路総合技術研究所: 炭素繊維シートに

表-1 各試験体の破壊状況

ポリウレアパテ	欠損部降伏荷重(kN)	剥離・破断荷重(kN)	破壊形態
無	115.1	170.4	CFRP破断
有	111.7	174.1	CFRP剥離

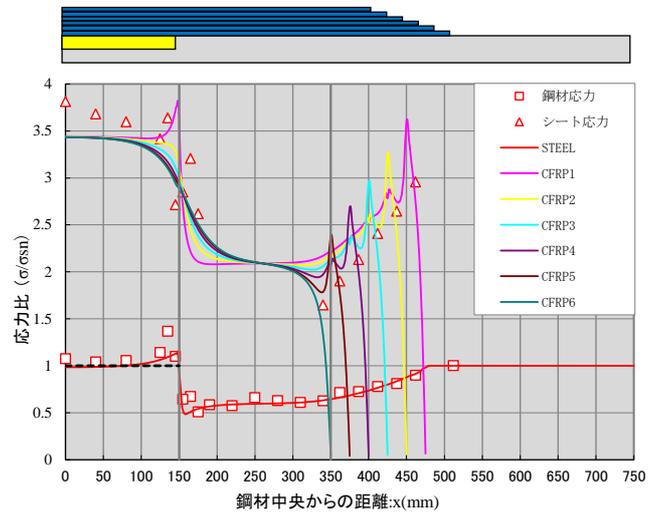


図-4 垂直応力分布(ポリウレアパテ無)

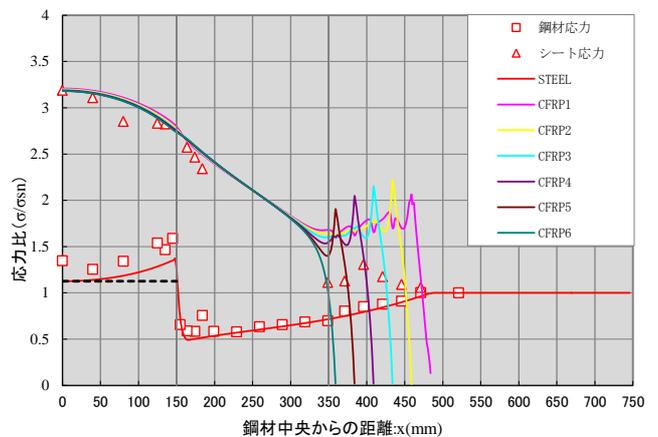


図-5 垂直応力分布(ポリウレアパテ有)

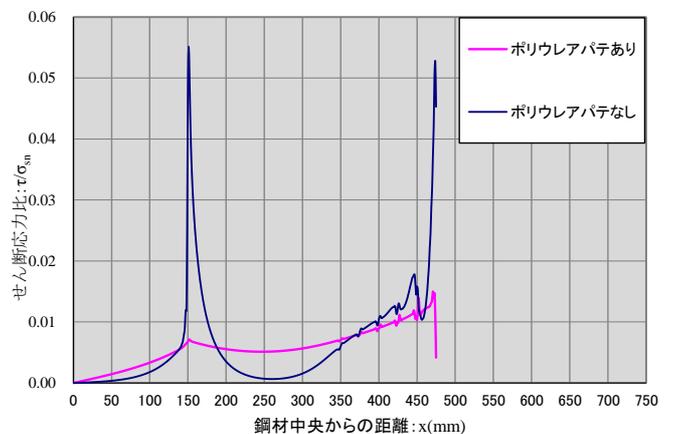


図-6 せん断応力分布(接着材1層目)