

引張による鋼板の塑性変形が CFRP の付着劣化に及ぼす影響の検討

横浜国立大学 学生会員 〇大和 太仁 横浜国立大学 正会員 田村 洋
横浜国立大学 正会員 平尾 賢生 長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛

1. はじめに

鋼部材の補修方法の一つとして、軽量かつ鋼板への孔明けが不要な CFRP（炭素繊維補強ポリマー）接着が提案されている¹⁾。この方法を鋼部材の耐震補強に適用できれば当て板補強と比べて死荷重増を大幅に抑えることが可能と考えられる。しかし、死荷重応力を有する既設鋼部材に CFRP 接着を行った場合、地震時の荷重レベルでは鋼材の降伏が CFRP の剥離等に対して先行し、鋼板の塑性変形が CFRP の付着性状に影響を及ぼすことも予想される。本研究では、剥離や接着層の損傷による CFRP の荷重分担性能の低下を CFRP の付着劣化と総称し、引張による鋼板の塑性変形が CFRP の付着劣化に及ぼす影響を明らかにするために実験的検討を行った。

2. 初期応力と低弾性パテ材の有無をパラメータした鋼板引張実験

実験は、図 1 に示すような SM570 鋼板を用い、初期応力と低弾性パテ材の有無をパラメータとして 4 ケース行った（表 1）。初期応力は死荷重応力を想定した引張応力を加えることで、CFRP の剥離よりも先に鋼板の降伏が発生するよう促した。トラスの引張部材を考え、本実験に使用した SM570

表 1 供試体の条件

供試体	初期応力	パテ
A	×	×
B	×	○
C	○	×
D	○	○

鋼板の許容応力度である 267MPa を初期応力と設定した。低弾性パテ材は高伸度・低弾性ポリウレア樹脂からなるもので、鋼板と CFRP の間に挿入することで座屈による鋼板の曲げ変形等への CFRP の追従性が高まるため、鋼部材を CFRP で補修する際の有用性が示されている²⁾。CFRP はいずれの実験でも 1 層とし、初期応力ありの実験では載荷試験機により鋼板の応力を 267MPa に保った状態で施工した。低弾性パテ材を含む CFRP 施工は文献¹⁾に準拠した。各供試体には複数の断面において鋼材の降伏や CFRP の付着劣化を検知できるよう鋼材と CFRP にひずみゲージを貼付した（以下、鋼材上のゲージで計測されるひずみを鋼材ひずみ、CFRP 上のゲージで計測されるひずみを CFRP ひずみとする）。このように製作した 4 体の供試体に対して、準静的に変位制御で引張荷重を漸増させ、荷重、載荷点の変位、各部のひずみを計測し続けた。



図 2 作成した供試体

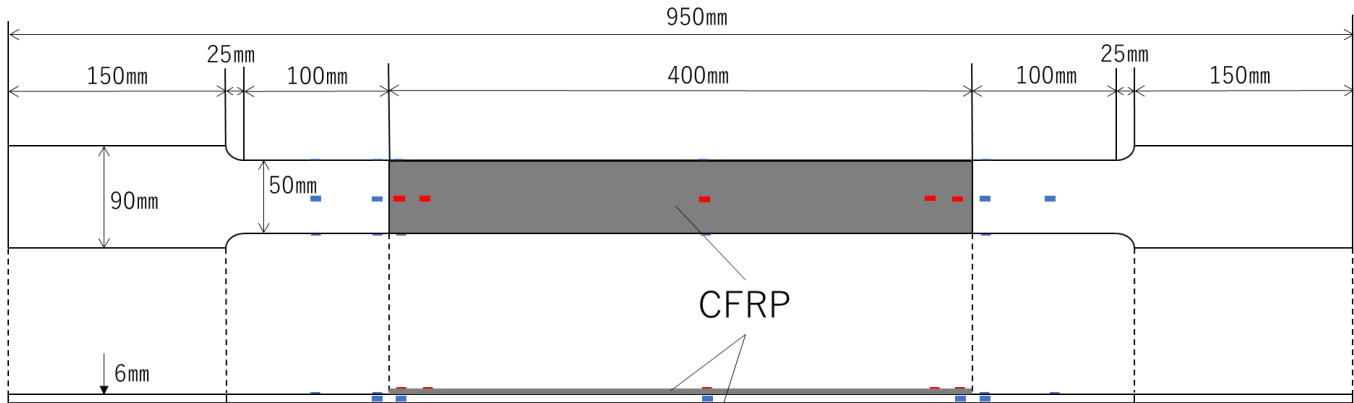


図 1 供試体の寸法

キーワード CFRP，塑性変形，付着劣化，剥離，鋼板
連絡先（〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 T E L 045-339-4243）

3. 塑性変形が付着劣化に及ぼす影響（低弾性パテ材なし）

図2に供試体実験結果を示す。初期応力なしの供試体Aでは載荷点の変位が約0.7mmの時点でCFRPの剥離がCFRPひずみの急減によってまず示され、変位が約2.5mmの時点で鋼材の降伏が鋼材ひずみの急増によって次に示され、急激な付着劣化が先行したことがわかる。

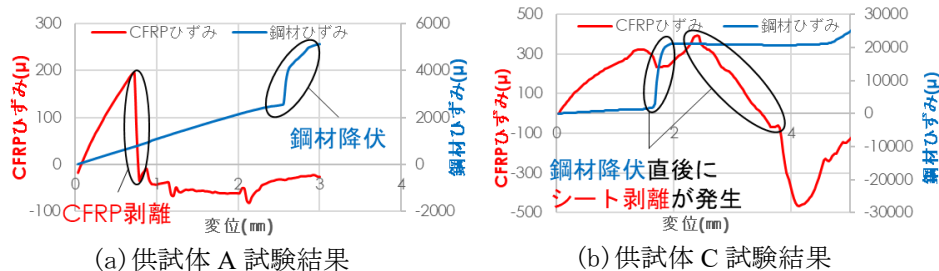


図5 低弾性パテなしの場合のCFRP端部における付着劣化挙動

初期応力ありの供試体Cでは変位が約1.7mmの時点で鋼材の降伏が鋼材ひずみの急増によって示され、同時にCFRPひずみが最初のピークを示しその後変位が約2.4mmに達すると最大のピークを示し負値に向かって減少を始めている。鋼板の塑性変形により付着劣化が誘発される様子が示されている。鋼板の局所的な塑性変形に対処するため、図2(b)の横軸を同じ断面内の鋼材ひずみに改めたものが図3である。同図は鋼材ひずみが約12,000 μ に到達した後、CFRPの付着劣化によるCFRPひずみの大幅な低下が起きている様子が示されている。

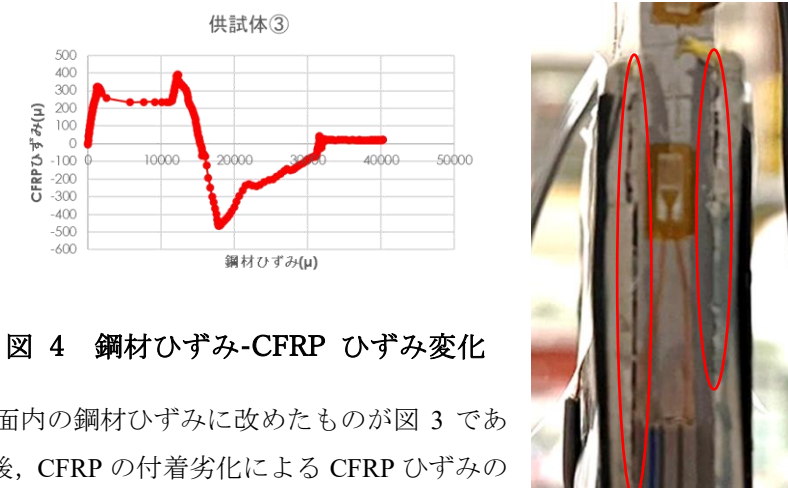


図4 鋼材ひずみ-CFRPひずみ変化

図3 剥離の様子

4. 塑性変形が付着劣化に及ぼす影響（低弾性パテ材あり）

図4に供試体B,Dの実験結果を示す。横軸には鋼材ひずみを用いている。初期応力なしの供試体Bでは、CFRPひずみの上昇率を示す勾配が変動しており低弾性パテ材に損傷が生じた可能性もあるが、鋼材ひずみが降伏ひずみに達した後も載荷を終了した約4,500 μ までCFRPひずみ

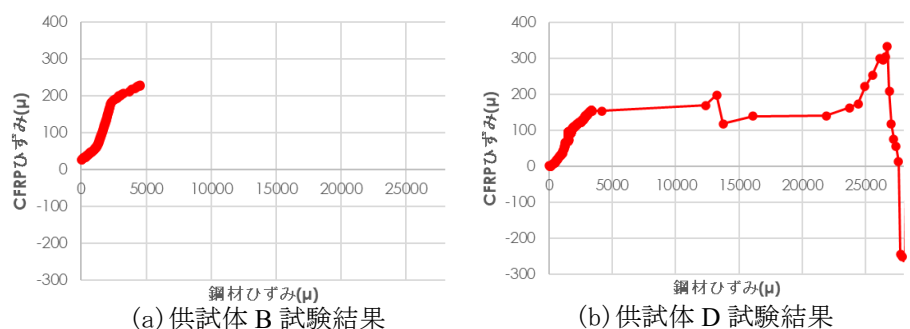


図6 初期応力ありの場合のCFRP端部における付着劣化挙動

は上昇を続け剥離は確認されなかった。供試体Dでは、鋼材が降伏したあと勾配が低下を示しており低弾性パテ材が塑性変形した可能性もあるが、ひずみ硬化開始点ひずみとみられる値を鋼材ひずみが超えた後にCFRPひずみが再上昇を示し、鋼材ひずみが約27,000 μ を超えたところで剥離発生により負値に転じた。

5. おわりに

本研究では、低弾性パテ材なしの実験において鋼板の塑性変形によりCFRPの付着劣化が誘発される様子が確認された。低弾性パテ材ありの実験においては、塑性変形発生時にもひずみ硬化開始のひずみ付近までCFRPの剥離は確認されなかった。ただし、鋼材降伏後は低弾性パテ材の有無によらずCFRPひずみの上昇率が変動を示しており、その原因の解明や荷重分担率の評価が必要である。

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，2013.10.
- 2) 宮下 剛，若林 大，秀熊 佑哉，小林 朗，小出 宜央，堀本 歴，長井 正嗣：高伸度弾性パテ材を用いた炭素繊維シート接着による鋼橋軸力部材の補修，土木学会論文集A1(構造・地震工学)，Vol.71，No.5，II23-II-38，2015.