

紫外線硬化型ポリエステル樹脂製 GFRP シートを接着した鋼材の引張強度特性

(株)建設技術研究所 正会員 ○光川 直宏
 阿南電機(株) 長尾 剛 正会員 高橋 修
 近畿大学 正会員 東山 浩士
 関西大学 正会員 石川 敏之

1. はじめに

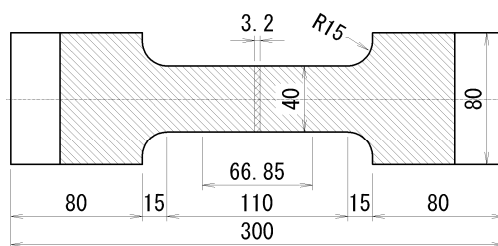
施工が容易で耐久性に優れた紫外線硬化型ポリエステル樹脂製 GFRP シート（ウルトラパッチ®）（以下、GFRP シートと呼ぶ）は、主に応力部材ではない鋼材腐食部の表面補修や腐食しやすい部材に対する予防保全としての防食対策に用いられてきた。さらに、GFRP シートの材料試験から、それ自体の引張強度は鋼材 SS400 の降伏強度の 1/7、引張強度の 1/10 程度であることから、表面補修材料や防食材料としてのみの使用だけではなく、作用に対して抵抗断面の一部^{1),2)}としての活用が検討されてきた。しかしながら、引張試験において様々な破壊形態となっており、強度にばらつきがあることが課題であった。

そこで本報では、破壊形態を制御したうえで、鋼材の片面に GFRP シート接着した試験片を製作し、GFRP シート接着の積層数および接着剤の種類をパラメータとした引張試験を行い、引張挙動および引張強度に関する基礎データを収集したので、ここに報告する。

2. 試験片体および試験方法

引張試験に用いた鋼材は板厚 3.2mm の SS400 材である。鋼材は 10%濃度の塩水を 1 週間噴霧し、表面錆を発生させた後、ディスクサンダー、紙ヤスリにより 3 種ケレン程度の処理を行った。引張試験片は腐食の有無に対して各 3 本準備した。形状寸法は図-1 に示すとおりである。また、紫外線照射後に板厚 1.5mm 程度となる GFRP シートの引張特性を把握するために、鋼材引張試験と同様な形状寸法の試験片を作製した。なお、GFRP シート試験片はロール方向に 6 本の試験片を準備した。鋼材、GFRP シートおよび接着剤の引張強度を表-1 に示す。鋼材の引張強度には表面錆の影響がみられない。本試験の目的は、GFRP シートの鋼材引張に及ぼす影響を調

べることである。従って、接着層の剥離による付着破壊が生じないように、GFRP シートの付着を確保するため、図-1 に示すハッチング領域に接着した。



※ハッチング領域：GFRPシート接着範囲

図-1 引張試験片の形状寸法

表-1 鋼材および GFRP シートの物理的性質 (N/mm²)

鋼材	降伏強度	表面錆無：324 表面錆有：326
	引張強度	表面錆無：443 表面錆有：446
GFRP シート	引張強度	52.8
接着剤	引張	A 剤：22.3
	せん断強度	B 剤：31.5

なお、接着剤には 2 種類のアクリル樹脂（A 剤、B 剤）を用いた。以下、A 剤を用いた試験片を CA 試験片、B 剤を用いた試験片を CB 試験片と称す。接着状況を図-2 に示す。GFRP シートへの紫外線（UV）は 40W の UV を高さ 5cm から約 30 分照射した。

鋼材および GFRP シートを接着した鋼材の引張試験では荷重速度 2mm/min、GFRP シートの引張試験では荷重速度 0.5mm/min の変位制御にて実施し、データのサンプリング速度はいずれも 2Hz とした。試験状況を図-3 に示す。



図-2 接着状況



図-3 引張試験状況

キーワード 紫外線硬化型ポリエステル樹脂製 GFRP シート、鋼材引張試験、引張強度、補強効果

連絡先 〒541-0045 大阪府中央区道修町 1 丁目 6-7 (株)建設技術研究所 大阪本社 TEL 06-6206-5653

3. 試験結果

3.1 引張挙動

CA および CB 試験片の応力-変位関係の一例を図-4 に、また、各試験片の降伏強度を表-2 に示す。なお、ここでの応力は荷重を鋼材の断面積で除した値であり、変位は載荷試験機のクロスヘッドの相対変位である。鋼材が降伏強度に達した後は引張剛性が変化するものの、GFRP シートが破断するまで線形挙動を示し、破断時の応力は GFRP シートの積層数に応じて向上した。その後は GFRP シート破断により応力は低下するが、鋼材に漸近する挙動を示した。

降伏強度に関しては、GFRP シートの積層数に応じて向上しており、表-1 に示した表面鍍有の鋼材の降伏強度との比較から、本試験の積層数 3 層までの範囲において降伏強度は積層数に比例している。また、引張せん断強度の高い接着剤 B 剤の方が降伏強度は向上する傾向にあった。

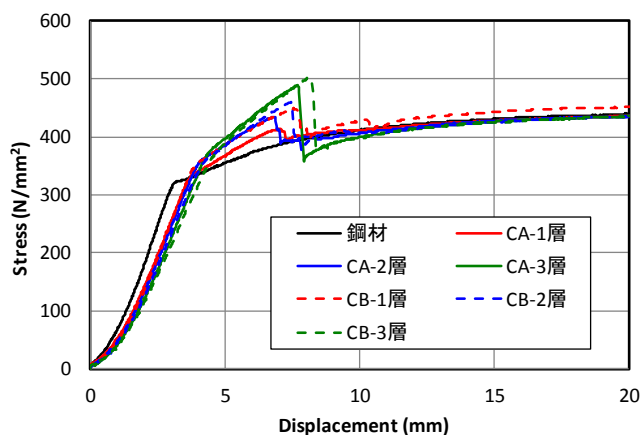


図-4 CA・CB 試験片の応力-変位関係

表-2 降伏強度

試験片	積層数	降伏強度 (N/mm ²)	比率
CA	1	342	1.05
	2	370	1.13
	3	385	1.18
CB	1	349	1.07
	2	365	1.12
	3	388	1.19

3.2 降伏強度

CA および CB 試験片の応力-ひずみ関係の一例を図-5 に示す。応力は荷重を鋼材の断面積で除した値であり、ひずみは鋼材両側面に貼付したひずみゲージによる測定値の平均である。また、GFRP シートの追従性を確認するため、GFRP シート表面のひずみも計測した。いずれにおいても GFRP シートは 20,000

μ 近くまで剥離することなく、鋼材との接着は良好であったことから、GFRP シートによる補強効果が見られた。別途実施した GFRP シート単体の引張試験結果から得られた応力-ひずみ関係では、5,000 μ で破断したが、鋼材に接着した GFRP シートのひずみ挙動はそれを大きく上回る伸び性能を示した。また、引張せん断強度の高い接着剤 B 剤の方が追従性は向上する傾向にあった。これはアクリル系樹脂接着の伸び性能やそれによるひずみの局所化が改善されていることが期待されるが、今後、GFRP シート単体の引張特性を詳細に調査する必要がある。

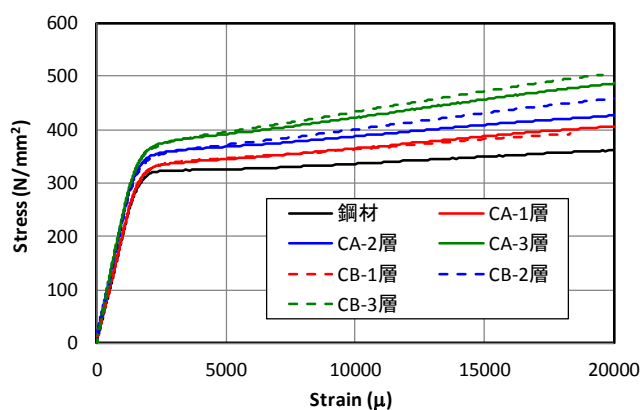


図-5 CA・CB 試験片の応力-ひずみ関係

4. まとめ

鋼材の片面に GFRP シート接着した試験片により、GFRP シート接着の積層数および接着剤の種類をパラメータとした引張試験を実施した。その結果、① GFRP シート層数に比例して降伏強度は向上する、② 鋼材の降伏後、GFRP シートの樹脂のひびわれ発生から破断する 20,000 μ 付近に至る範囲においても追従性がある、③引張せん断強度の高い接着剤 B 剤の方が降伏強度、追従性は向上することが確認された。

今後は、GFRP シート単体、GFRP シートの両面接着、定着長をパラメータにした引張試験を行い、データを蓄積する予定である。

参考文献

- 1) 河原崎雄介, 長尾剛, 村中昭典, 中村一平: 紫外線硬化型ポリエステル樹脂製 GFRP シートを用いた部材補修に関する研究, 土木学会第 72 回年次学術講演会概要集, V489, pp.977-978, 2017.9.
- 2) 光川直宏, 長尾剛, 村中昭典, 中村一平: 紫外線硬化型ポリエステル樹脂製 GFRP シートを用いた鋼部材補強に関する研究, 土木学会第 73 回年次学術講演会概要集, VI283, pp.565-566, 2018.8.