

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

(株)建設技術研究所 正会員 ○光川 直宏 河原崎 雄介 真鍋 祐貴子

阿南電機(株) 長尾 剛 高橋 修

広島工業大学 村中 昭典

ベトナム国家大学ホーチミン市校工科大学 中村 一平

1. はじめに

施工が容易で耐久性に優れた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補修や腐食しやすい箇所に対する防食材料として活用されている。硬化したGFRPシートの物理的性質は表-1に示すとおり、引張強度、ヤング係数ともに鋼材の1/10程度である¹⁾。また、GFRPシートの層厚は $t=1.5\text{mm}$ であるため、貼付層数をかなり増やさなければ鋼部材に対する当て板補強ほどの大幅な耐荷力向上は期待できない。そこで、図-1に示すような雨水があたり滞水しやすい鋼桁下フランジ付近の腐食に対してGFRPシートを貼付けることで、高い防食効果に付加した部材補強効果を評価することが可能か実験的研究を行った。

表-1 GFRPシートの物理的性質

項目	単位	鋼材	GFRP	比率
引張強度	N/mm^2	433.0	45.3	10/100
ヤング係数	N/mm^2	205.0	11.5	6/100



図-1 鋼桁下フランジ付近の腐食

2. これまでの実験的検証内容

(1) 試験方法

耐荷性能の評価するために、長さ500mm、幅100mm、厚さ3.2mmの鋼板に対して腐食による孔食を模擬した $\phi 30\text{mm}$ の孔明けをした試験片を製作し、腐食の有無、GFRPシートの積層数、GFRPシートの定着長、接着剤の種類で引張試験を実施し

た。なお、引張試験はJIS Z 2241「金属材料引張試験方法」に基づき、降伏応力、引張強さ、破断伸びを測定した。供試体は表-2に示す組合せで総数34供試体について引張試験を実施した。

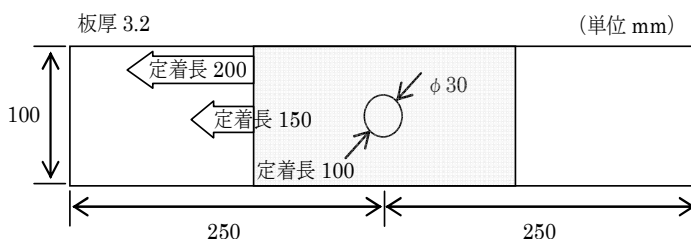


図-2 引張試験供試体形状

表-2 引張試験供試体の組合せ

供試体数	腐食	GFRP層数	定着長	接着剤
34	あり なし	片面1, 2, 3, 4層 両面2, 3層	100mm 150mm 200mm	エポキシ樹脂系A エポキシ樹脂系B アクリル樹脂系

(2) 引張試験結果

腐食の有無に着目すると、腐食なしの供試体においては、図-3に示すようにエポキシ樹脂系との相性が良好で、概ね設計値程度の強度増加を得たものの、下回る供試体もあり材料のばらつきの影響があることが確認された。一方、腐食ありの供試体においては、図-4に示すように追従性の良いアクリル樹脂系との相性が良好であるものの、設計値を下回っており、現場でのケレン作業の精度が重要となることが確認された。

GFRPシートの貼付層数に着目すると、1層よりも2~3層とする方が良好であるが、3層の場合、エポキシ樹脂系、アクリル樹脂系ともに接着剤の凝集破壊となるケースが多く見られた²⁾ことから、エポキシ樹脂系Aよりも接着強度の高いエポキシ樹脂Bを用いた引張試験を実施した。

キーワード 紫外線硬化型ポリエステル樹脂製GFRPシート、引張試験、耐荷性能、鋼部材補強

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

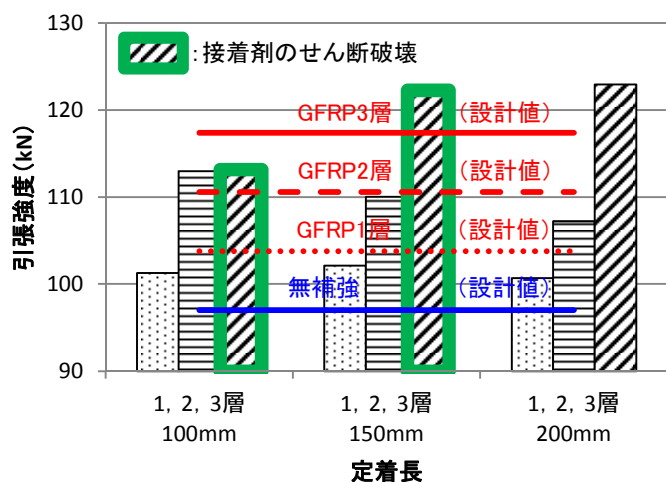


図-3 引張試験結果（腐食なし・エポキシ樹脂系 A）

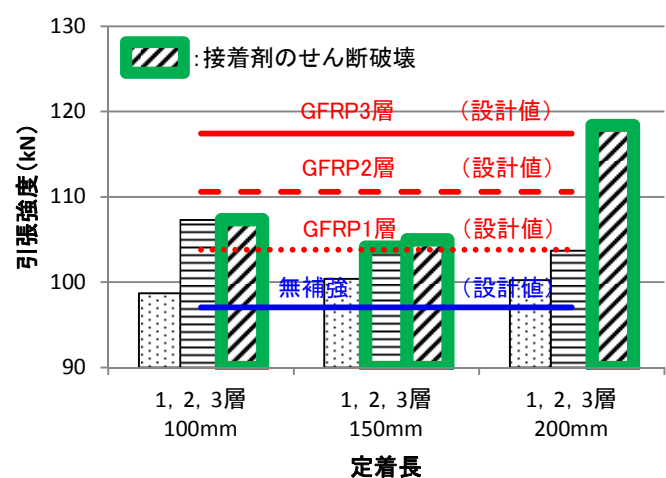


図-4 引張試験結果（腐食あり・アクリル樹脂系）

腐食ありで接着強度の高いエポキシ樹脂 B（両面貼りの供試体はアクリル樹脂系）を用いて GFRP シートの貼付層数を増加させた供試体の引張試験結果を図-5 に示す。前述した試験結果から接着強度が支配的となっていることを予想していたが、GFRP シートの貼付層数を多くしすぎると、シート間の層状剥離や部材の中立軸のずれによる荷重の偏載荷もあり、期待した補強の増強効果は得られなかった。

3. 補強設計への取り込み

橋梁補修設計では、腐食により減厚した鋼部材の補強要否判定において、腐食減厚量 5% の閾値³⁾を参考としている。ここで、鋼材の板厚と GFRP シート

参考文献

- 1) 早稲田大学理工学術院依田研究室：ウルトラパッチ強度試験報告書，2010.3.
- 2) 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 回年次学術講演会講演概要集，pp.977-978，2017.
- 3) 中国地方整備局道路部道路保全企画 G，中国技術事務所：橋梁補修・補強の手引き（案），2012.3.

の貼付層数毎の補強率を表-3 に示す。これより、腐食減厚量 5% 以上にするには GFRP シートの貼付層数が 2～3 層必要であり、かつ補強対象となる母材側の板厚は 9mm 以下に限定されることがわかる。

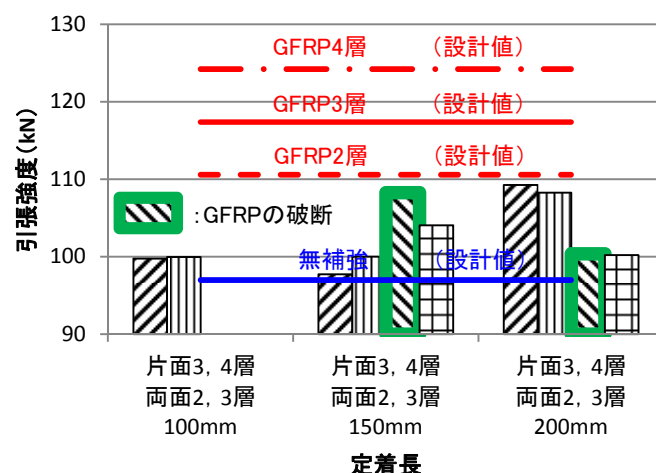


図-5 引張試験結果（腐食あり・エポキシ樹脂系 B）

表-3 引張試験供試体の組合せ

鋼材の板厚 (mm)	補強率(%)		
	GFRP3層	GFRP2層	GFRP1層
10	4.7	3.1	1.6
9	5.2	3.5	1.7
6	7.8	5.2	2.6
4.5	10.5	7.0	3.5
3.6	13.1	8.7	4.4
2.3	20.5	13.6	6.8

4. まとめ

GFRP シートの防食効果に付加して部材補強効果を評価するために、過年度の引張試験結果に加えて、接着剤の改良と GFRP シートの貼付層数を増加させた引張試験を実施した。その結果、①入念にケレンを行い（1 種ケレンの適用）、②GFRP シートの貼付層数を 2～3 層に留め、③エポキシ樹脂系の接着剤を用いれば、設計値に近い補強効果を見込めることが確認された。また、GFRP シートの物理的性質から、補強対象とする母材は従属部材といった薄肉構造に対して、部材補強を行うか否かのボーダーラインでの適用に限定することにより、効果的な補修・補強を行うことができることを確認した。