

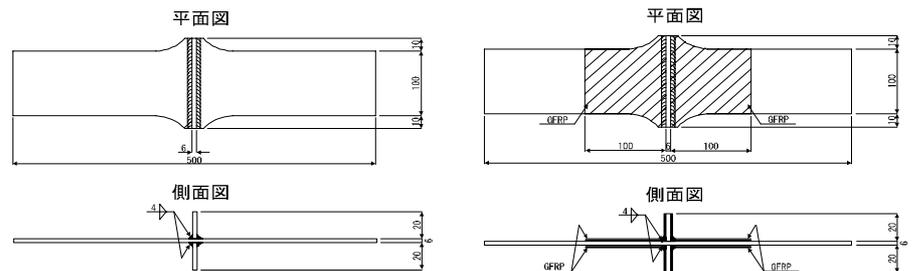
ガラス繊維強化プラスチックで補強された溶接継手の疲労試験

明星大学 正会員 鈴木 博之
明星大学 学生会員 岩田 紳
明星大学 学生会員 岡本 陽介
日本道路公団 正会員 鈴木 永之

1. はじめに 近年、鋼橋では、疲労が問題となっている。疲労き裂の多くは、溶接継手の止端から発生している。本研究では、溶接継手部にガラス繊維強化プラスチック(以下、GFRP と記す)を貼付することによる疲労強度の改善の可能性を実験的に検討する。

2. 試験方法 試験片形状を図-1

に示す。試験片にはウェブあるいはフランジと垂直補剛材の溶接継手に相当する荷重非伝達型・非仕上げリブ十字溶接継手を取り上げた。材質はSS400である。板厚6mm、溶接サイズは4mmである。リブ端部からのき裂の発生を防止するため、リブの長さを長くした。この試験片にGFRPを1層あるいは3層貼付して補強試験片とした。以後、無補強試験片をN0、1層補強試験片をR1および3層補強試験片をR3と記す。GFRP(一方向材)の貼付にあたっては、試験片にプラスト処理を施した後、紫外線硬化1液性パテを塗り、GFRPを貼付した。



(a) 無補強試験片(N0) (b) 補強試験片(R1、R3)

図-1 試験片形状(mm)

以後、無補強試験片をN0、1層補強試験片をR1および3層補強試験片をR3と記す。GFRP(一方向材)の貼付にあたっては、試験片にプラスト処理を施した後、紫外線硬化1液性パテを塗り、GFRPを貼付した。

疲労試験の最小応力は10MPaとし、最大応力を変化させた。応力範囲の形状は正弦波とした。周波数は4~10Hzとした。

3. 試験結果および考察

疲労試験を行う前に静的载荷試験を行った。荷重140kN時のN0の試験片幅方向の応力分布を図-2に示し、N0、R1およびR3の長手方向の応力分布を図-3に示す。図中の破線は荷重を平行部の断面積で除した公称応力である。

図-2より、拡幅部の中央の応力は平行部より7%低く、拡幅部の端部の応力は、中央より53%低い。従って、疲労き裂は試験片幅中央から発生し、端部からの発生は防ぐことが出来るものと思われる。図-3より、全ての試験片の鋼板部分の応力は、平行部より拡幅部の応力が低くなっている。その程度は、N0では7%減、R1では11%減、R3では19%減である。以上より、R1およびR3の減少率はN0に比べて大きく、GFRPの効果が認められる。また、R1よりR3の方が減少率が大きいことからGFRPの層数が多い方が効果が高くなっていることがわかる。一方、R1のGFRP部分においては、応力が85~180MPaとなっており、リブに近い方の応力が高くなっている。R3のGFRP部分の応力は、G4以外の応力がほとんど0MPaである。静的载荷試験終了後のGFRPの剥離状況を見ると、R1はほとんど剥離が確認されなかったが、R3は大部分が剥離していた(写真-1参照)。GFRPを1層貼付したR1には剥離が認められず、3層貼付したR3に剥離が認められたことから、R3のGFRPの初層は鋼板と接着しており、GFRPの初層と2層目あるいは2層目と3層目が剥離したと思われる。

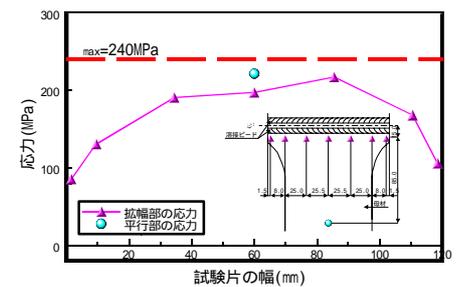


図-2 応力分布図(幅方向)

キーワード: ガラス繊維強化プラスチック、リブ十字溶接継手、疲労試験、補強、予防保全

連絡先: 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学理工学部土木工学科 Tel 042-591-9645

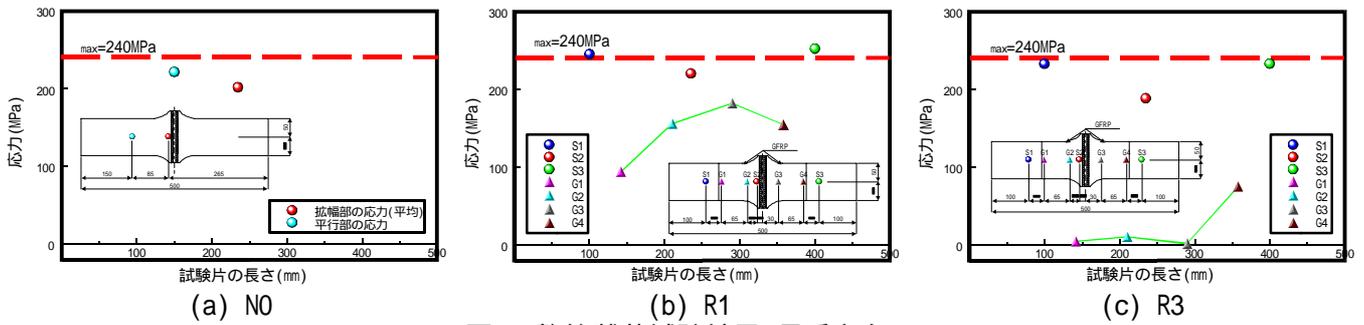


図-3 静的載荷試験結果(長手方向)

N0、R1 および R3 の S-N 線図と試験片名を図-4 に示す。図には、「鋼道路橋の疲労設計指針(日本道路協会)」の疲労強度等級も示した。図の縦軸は鋼板の平行部の応力範囲であり、横軸は繰返し回数である。

N0-2 は $\sigma = 211\text{MPa}$ で 46 万回、N0-4 は $\sigma = 175\text{MPa}$ で 233 万回で破壊したが、N0-3 は $\sigma = 156\text{MPa}$ で 800 万回、N0-1 は $\sigma = 112\text{MPa}$ で 500 万回の繰返し載荷を行っても破壊しなかった。そこで、N0-1 の応力範囲を $\sigma = 189\text{MPa}$ に上げて Retest したところ、104 万回で破壊した。

R1-4 は $\sigma = 289\text{MPa}$ で 41 万回、R1-1 は $\sigma = 269\text{MPa}$ で 113 万回で破壊したが、R1-3 は $\sigma = 257\text{MPa}$ で 500 万回、R1-2 は $\sigma = 217\text{MPa}$ で 500 万回の繰返し載荷を行っても破壊しなかった。

R3-2 は $\sigma = 290\text{MPa}$ で 66 万回、R3-3 は $\sigma = 264\text{MPa}$ で 240 万回で破壊したが、R3-1 は $\sigma = 222\text{MPa}$ で 500 万回の繰返し載荷を行っても破壊しなかった。そこで、応力範囲を $\sigma = 259\text{MPa}$ に上げて Retest したところ、96 万回で破壊した。しかし、R3-3 および R3-1(Retest) は、チャック部から破壊したので、この繰返し回数は継手部の疲労寿命とは言えない。

破断箇所は R3-3 および R3-1(Retest)以外は溶接ビード止端部であった。写真-2 に R3-2 の破壊状況を示す。静的載荷試験結果(図-2)から推察したように試験片幅中央よりき裂が発生進展していることが、写真-2 よりわかる。

「鋼道路橋の疲労設計指針」によれば、荷重非伝達型十字溶接継手(非仕上げのすみ肉溶接継手)の場合、その疲労等級は E 等級であるが、図-4 より、N0 は C 等級を満たしており、1 層補強試験片の R1 は B 等級、3 層補強試験片の R3 は A 等級を満たしている。従って、静的載荷試験と疲労試験より、GFRP を貼付し、リブ十字溶接部近傍の応力が低減した事により疲労強度が大きく改善されると言える。また、GFRP の層数が多い方が補強効果は大きい。

4. まとめ 荷重非伝達型・非仕上げリブ十字溶接継手に GFRP を貼付することにより、疲労強度が改善されることが明らかとなった。

本実験に使用した GFRP はサンコーテクノ(株)に提供して頂いた。記して、謝意とする。



写真-1 GFRPの剥離状況

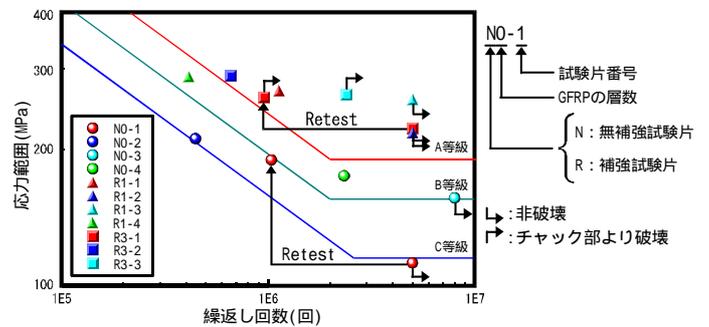


図-4 S-N線図

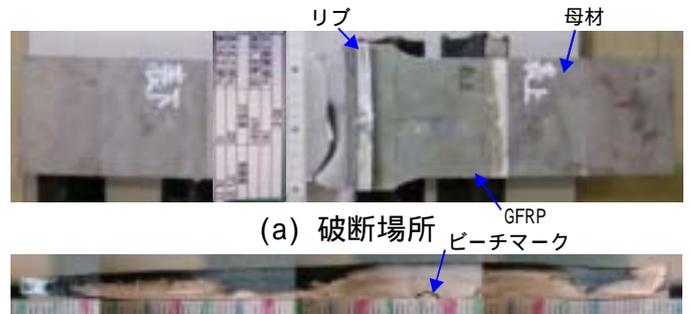


写真-2 破壊状況