GFRP により補強された面外ガセット溶接継手の疲労強度

明星大学　正会員　鈴木　博之
明星大学大学院　学生会員　岡本　陽介
明星大学　学生会員　○　西村　拓郎

1. はじめに

近年、鋼 I 桁橋の横構取付けガセット部、鋼 I 桁の主桁と横桁あるいは対傾構との取り合い部などに疲労損傷が数多く報告されている。そのため維持管理が極めて重要な問題と認識されている。本研究では、ガラス繊維強化プラスチック（以下、GFRP と呼ぶ）に着目し、面外ガセット溶接継手部に GFRP を貼付することによる疲労寿命の改善の可能性を実験的に検討した。

2. 試験方法

試験片形状を図-1 に示す。試験片の材質は SM400A である。試験片の母材は板厚 9mm、長さ 600mm、幅 100mmであり、この母材の両面に板厚 9mm、長さ 120 mm、高さ 100mmのガセットを取り付けた面外ガセット溶接継手を無補強試験片（以下、G シリーズと呼ぶ）とした。すべての試験片の片側の回し溶接部止端を仕上げることで、応力集中を緩和させ、き裂が片側だけに生じるようにした。補強試験片（以下、S シリーズと呼ぶ）においては、GFRP を 2 液混合エポキシ樹脂接着剤によって、図-1 のように、表裏面の非仕上げ回し溶接部に貼付した。鋼板と GFRP の機械的性質を表-1 に示す。GFRP には厚さ 1.2mmの一方向材を使用し、これを 2 層貼ることとした。疲労試験にあたっては、最小応力は 10MPa とし、最大応力を変化させた。

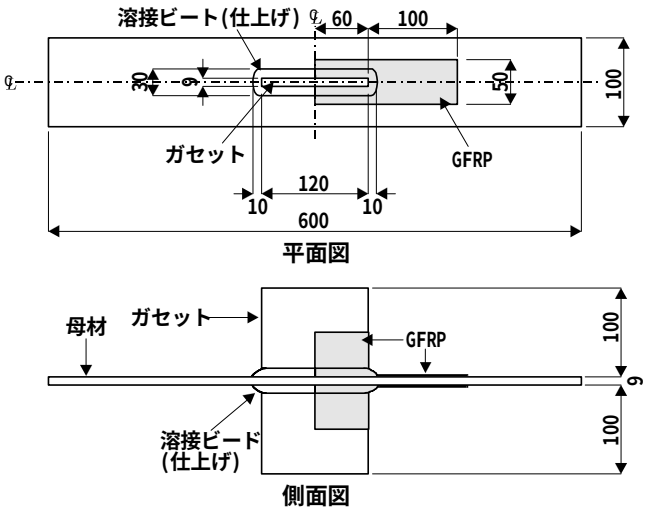

図-1 試験片形状

表-1 機械的性質

	鋼板	GFRP
弾性係数(MPa)	2.1×10^5	1.4×10^4
降伏点(MPa)	288	ー
引張強さ(MPa)	443	201
伸び(%)	31	ー

3. 試験結果および考察

図-2 に疲労試験結果を示す。図の縦軸は試験片の平行部の応力範囲であり、横軸は繰返し回数である。図には G シリーズの回帰線を赤線、S シリーズの回帰線を青線で示した。下に突出している右向きの矢印は、非破壊を表している。

図-2 より、500 万回を疲労限の一つの目安とすると、G シリーズは $\Delta\sigma \leqq 70$MPa、S シリーズは $\Delta\sigma \leqq 100$MPa であれば、疲労き裂の再発生を防止できることがわかる。

G シリーズと S シリーズの回帰線を比較すると、応力範囲の高い領域では回帰線は接近しているが、応力範囲が低くなるにつれて、S シリーズの疲労寿命は G シリーズより著しく延びている。このことより、応力範囲の高い領域では GFRP による補強効果はあまり期待できないかもしれないが、応力範囲の低い領域では補強効果が高いことが確認できる。

写真-1 に破断状況を示す。試験片は、非仕上げ側（GFRP 貼付側）の回し溶接部止端よりき裂が発生し、幅

キーワード：維持管理、鋼構造、GFRP 面外ガセット溶接継手
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/FAX042-591-9645

方向に進展したのち、破断に至った。GFRP は、(a)、(b)のようにき裂部近傍が剥離し、き裂が GFRP を越えた後でも剥離してしまうことはなく、最終的には(c)のように破断に至った。ビード仕上げの困難な回し溶接部止端近傍でも、GFRP は試験片の破断まで剥離しておらず、補強材として有用であると思われる。

図-3 に応力拡大係数範囲とき裂進展速度の関係を示す。縦軸はき裂進展速度 da/dN(m/cycle)、横軸は応力拡大係数範囲ΔK(MPa√m)である。図には G シリーズの回帰線を赤線、S シリーズの回帰線を青線で示した。応力拡大係数範囲ΔK=50(MPa√m)に

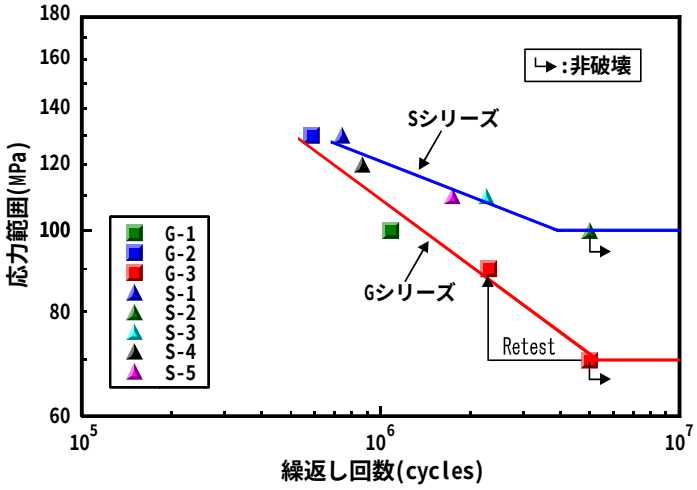

図-2 S-N線図

(a) (b) (c)

写真-1 破断状況(S-3)

おける回帰線のき裂進展速度を比較すると、G シリーズでは $da/dN=7.6\times10^{-6}$(m/cycle)であるのに対し、S シリーズでは $da/dN=2.1\times10^{-6}$(m/cycle)となっており、S シリーズは G シリーズの 28%となっている。したがって、き裂が GFRP を越えて進展した後でも、GFRP が破断するまで、GFRP はき裂の進展を抑制していたことがわかる。

4. まとめ

本研究では、面外ガセット溶接継手の回し溶接部止端近傍に GFRP を貼付することによる疲労寿命の改善について実験的に検討した。得られた結果は以下の通りである。

1) 回し溶接部に GFRP を貼付したところ、応力範囲の高い領域では補強効果はあまり認められなかったが、応力範囲の低い領域では疲労強度が改善され、補強効果が高いことが明らかになった。
2) GFRP は柔軟性に富んでいるので、ビード仕上げの困難な溶接ビード止端近傍でも、補強材として適用することが可能であり、実用化の可能性が高いと思われる。
3) き裂が GFRP を越えて進展した後でも、GFRP が破断するまで、GFRP はき裂の進展を抑制することが可能であることがわかった。

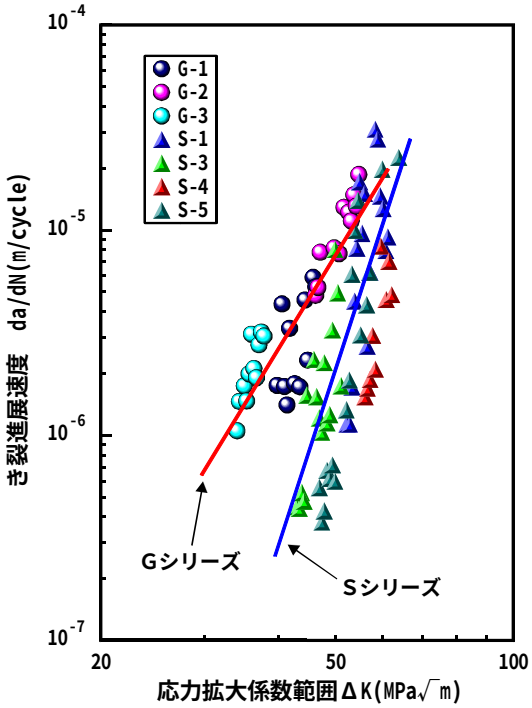

図-3 da/dN-ΔK