

GFRP により補強されたリブ十字溶接継手の応力解析

明星大学 正会員 鈴木博之
明星大学大学院 学生員 岡本陽介
明星大学 学生員 大井 剛

1. はじめに

本研究では、ガラス繊維強化プラスチック（以下、GFRP と呼ぶ）を補強材として鋼部材の溶接継手に貼付したときの応力の低減効果について解析的に検討する。

2. 解析方法

解析は、2次元有限要素法とした。図-1 に解析モデルの一例を示す。解析対象は、荷重非伝達型リブ十字溶接継手とし、母材とリブの間には $4 \times 0.005\text{mm}$ の未溶着部を設けた。4本の溶接ビードの母材側止端を左上から時計回りに LU、RU、RL、LL と呼ぶこととする。また、解析に先立って行ったマクロ試験の結果、上下のリブが 1mm ずれていることが明らかとなったので、解析モデルにおいても下リブを 1mm 左側へずらすこととした。母材の左端の全節点を 6 自由度拘束とし、母材の右端に公称応力 σ_n が 1MPa となるように引張荷重を载荷した。この解析で用いた材料の機械的性質を表-1 に示す。本解析では、溶接止端に応力集中が発生するので、溶接止端の要素を細かくし、最小要素寸法は、 0.0375mm とした。また、溶接止端近傍については、疲労試験に使用した試験片の溶接ビード形状をレーザ変位計により計測し、その結果を解析モデルに反映させた。解析は無補強モデル（ケース 1）と厚さ 1.2mm の GFRP を厚さ 0.3mm の接着剤で貼付した補強モデル（ケース 2）の 2 ケースについて行った。

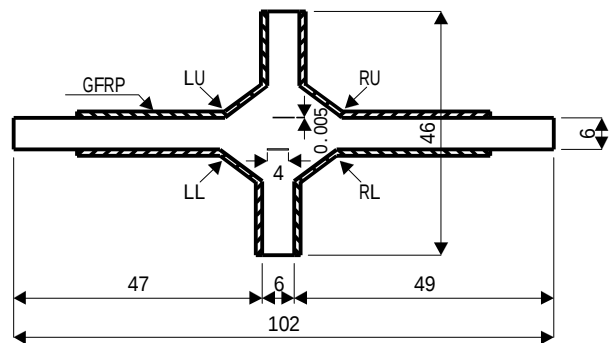


図-1 解析モデル（ケース2）

表-1 材料の機械的性質

	弾性係数(MPa)	ポアソン比
鋼板	2.1×10^5	0.30
接着剤	4.0×10^3	0.30
GFRP	1.4×10^4	0.34

3. 解析結果および考察

ケース 1 とケース 2 の LU における σ_x (荷重軸方向の応力) の分布を図-2 に示す。ケース 1 とケース 2 を比較すると、ケース 2 では、GFRP を貼付したことにより、高応力域の広がりが小さくなり、高応力域がケース 1 より緩和されていることがわかる。各ケースの応力集中係数を表-2 に示す。ここで言う応力集中係数とは、溶接止端の σ_x の最大値を公称応力 σ_n で除した値である。ケース 2 では、応力集中係数が全溶接止端でケース 1 より減少しており、GFRP の効果が確認される。これは、荷重が GFRP に伝達され、GFRP が荷重の一部を負担したためである。したがって、リブ十字溶接継手に GFRP を貼付すると、疲労き裂発生寿命の改善が可能であると考えられる。

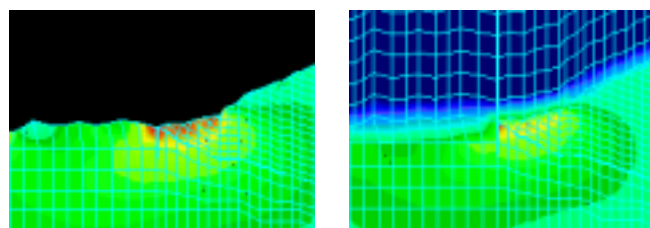
次に GFRP の弾性係数を変えたときの効果について解析的に検討した。ここでは、ケース 2 の GFRP の弾

キーワード 維持管理, 鋼構造, GFRP, リブ十字溶接継手

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

性係数を 1.4×10^3 MPa、 7.7×10^3 MPa、 1.4×10^4 MPa、 7.7×10^4 MPa、 1.4×10^5 MPa と変えて解析を行った。弾性係数 1.4×10^4 MPa の場合がケース 2 に相当する。鋼板の弾性係数は、 2.1×10^5 MPa で一定とした。図-3 に応力集中係数比と弾性係数比の関係を示す。縦軸には、各ケースの LU における応力集中係数の値をケース 1 の LU の応力集中係数で除した応力集中係数比をとり、横軸には、GFRP の弾性係数を鋼板の弾性係数で除した弾性係数比をとった。横軸の弾性係数比 0 とは、GFRP を貼付していないケース 1 を表している。図より、ケース 2 の $1/10$ の弾性係数の GFRP を貼付した場合でも、溶接止端の応力集中は、9%低減されており、弾性係数が増加するに従い、応力集中がさらに低減していることがわかる。したがって、応力の低減は、弾性係数に依存しており、GFRP の弾性係数が鋼板のそれに近いほど応力の低減効果が高くなるが、実験に使用した GFRP の弾性係数 1.4×10^4 MPa の場合でも 13%の応力集中の低減効果があると理解される。したがって、GFRP を貼付することにより、実継手においても疲労き裂発生寿命を延ばすことが可能であると推察される。

次に、GFRP に荷重を伝達する接着剤の厚さの影響について解析的に検討した。ケース 2 の接着剤の厚さは、0.3mm であるが、この厚さを 0.1 mm、0.5 mm、0.7 mm と変えて解析を行った。図-4 に LU の応力集中係数比と接着剤の厚さの関係を示す。図より、無補強のモデルが最も応力が高いが、接着剤の厚さによる応力集中の違いはほとんど見られず、応力集中係数比は、ほぼ 0.87 で一定である。実施工においては、接着剤の厚さを実験で使用した厚さ 0.3mm 程度にすることも困難であると思われるが、図-4 によれば、接着剤の厚さの影響は大きくないので実用上は、厚さ 0.7mm 以下を目安にすればよいものと考えられる。



(a) ケース1 (b) ケース2

図-2 σ_x の分布

表-2 応力集中係数

	LU	RU	RL	LL
ケース1	2.5	2.3	2.3	2.0
ケース2	2.1	1.9	2.0	1.7

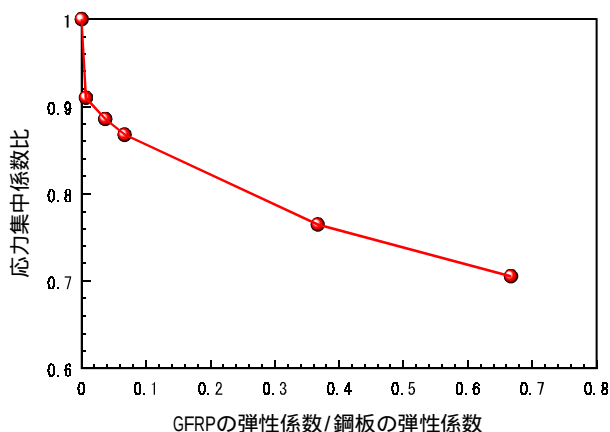


図-3 応力集中係数比-弾性係数比

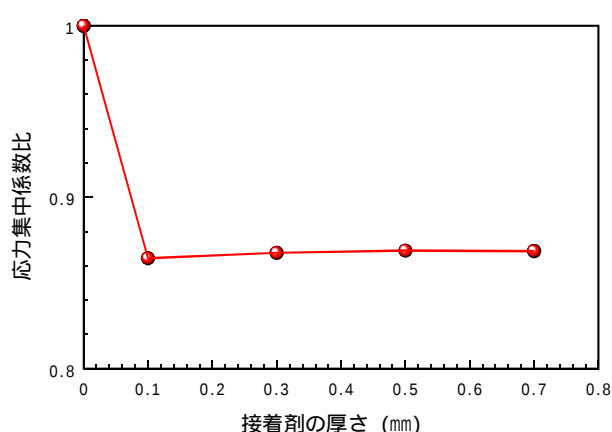


図-4 応力集中係数比-接着剤の厚さ

4. まとめ

本解析の結果、得られた知見を以下に示す。

- (1) GFRP を貼付した効果により、溶接止端の応力集中係数が 13%減少した。したがって GFRP は、荷重非伝達型リブ十字溶接継手の予防保全に適用可能であると思われる。
- (2) 溶接止端の応力集中に及ぼす弾性係数の影響を検討したところ、弾性係数を増加することにより、応力集中係数は低下した。したがって、目付け量の多い GFRP の方が応力低減効果は、大きいと言える。
- (3) 溶接止端の応力集中に及ぼす接着剤の厚さの影響を検討したが、接着剤の厚さ 0.1～0.7mm の範囲では、応力集中係数は変わらずほぼ一定であった。