

CFRP 板により補修されたき裂を有する鋼板の疲労試験

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

1. はじめに

著者らはこれまでにストップホールと CFRP 板(炭素繊維強化プラスチック板)を併用した疲労き裂の補修工法に関する研究を行い、一応の成果を得た¹⁾。本研究では、疲労き裂の補修に CFRP 板を単独で用いることの可能性について実験的に検討する。

2. 実験方法

試験片形状を図-1 に示す。最終的には溶接継手試験片を用いて検討する必要があるが、今回は基礎的研究ということで図-1 に示す試験片を用いることとした。本研究では、実際に鋼部材に発生した疲労き裂を対象とするため、試験片中央に長さ 10mm のソーカットを設け、繰返し荷重を作用させ、ソーカットから疲労き裂を発生させた。ソーカットと疲労き裂の長さの合計が約 25mm に進展した時に載荷を止め、これを無補修試験片(C-1 シリーズ)とした。疲労き裂に補修材として貼付する CFRP 板の長さは 100mm とし、CFRP 板の幅 c は 10mm(C-2 シリーズ)と 25mm(C-3 シリーズ)の 2 種類とした。CFRP 板の接着にはパテ状エポキシ樹脂接着剤を用いた。接着作業は、試験片を試験機から取り外し、下向きで行った。鋼板および CFRP 板の厚さは各々 6mm と 1.2mm である。実験シリーズと CFRP 板の幅 c 、および CFRP 板の幅 c とき裂部の長さ a の比 c/a を表-1 に示す。また、試験片に用いた鋼板、CFRP 板およびパテ状エポキシ樹脂接着剤の機械的性質を表-2 に示す。

表-1 実験シリーズ

シリーズ	$c^{※1}$ (mm)	$c/a^{※2}$
C-1	0	0.0
C-2	10	0.4
C-3	25	1.0

※1: CFRP板の幅

※2: CFRP板の幅とき裂部の長さの比

表-2 機械的性質

	降伏点 (MPa)	引張強度 (MPa)	ヤング係数 (MPa)	伸び (%)
鋼板 (SM400)	286	427	2.1×10^5	31.0
CFRP板	—	2350	1.55×10^5	1.9
パテ状エポキシ樹脂接着剤	—	20	4.0×10^3	—

図-1 試験片形状 (mm)

3. 実験結果および考察

図-2 に疲労試験結果を示す。図の縦軸は試験片平行部の応力範囲である。図には、各シリーズの疲労試験結果の回帰線も示した。

C-1 と C-2 の回帰線に着目すると、応力範囲が低い領域では回帰線が接近しており、大きな補修の効果があるとは言えないが、応力範囲が高くなるにつれて、CFRP 板を貼付することによる補修効果が大きくなっていることがわかる。き裂部を CFRP 板ですべて覆った C-3 も C-2 同様に応力範囲が高くなるにつれて補修効果が大きくなっており、C-2 よりさらに疲労寿命が改善されていることが認められる。従って、CFRP 板の幅が大きいほうが、より疲労寿命の改善効果が大きいと言える。また、今回の実験では、C-2 および C-3 のいずれにおいても疲労限が得られなかった。

図-3 に各シリーズの公称応力 140MPa におけるき裂部を有する断面の試験片幅方向の応力分布を示す。CFRP 板を貼付することにより、き裂先端の応力集中が緩和されていることがわかる。従って、CFRP 板をき裂部に貼付することにより疲労寿命が延びたのは、CFRP 板が荷重を分担しており、き裂先端の応力集中が緩和されたためであると理解される。公称応力 80MPa、140MPa および 170MPa における、き裂先端直近の左右の歪ゲージより得られた応力を平

キーワード CFRP 板、維持管理、鋼構造、疲労き裂

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

均し比較した結果を表-3 に示す。表より公称応力の増加にともない、CFRP 板を貼付することによる応力集中の減少の程度が大きくなっていることがわかる。さらに、公称応力 200MPa の時も同様に調査したところ、C-1 のき裂先端直近の歪ゲージ貼付位置の鋼板は降伏していた。しかし、CFRP 板を貼付した C-2 および C-3 は降伏していなかった。このため、S-N 線図において高応力範囲になるほど補修効果が高くなったものと考えられる。

図-4 にき裂進展速度 da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK の関係を示す。図中には各シリーズの回帰線も示した。図-4 から、CFRP 板をき裂部に貼付することにより、き裂進展速度を遅延できていることがわかる。また、 c/a が大きいほうが進展速度の遅延効果は大きいと言える。

4. まとめ

本研究では、疲労き裂を有する鋼板($t=6\text{mm}$)を CFRP 板($t=1.2\text{mm}$)単独で補修した試験片を用いて疲労試験を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) CFRP 板を単独で疲労き裂の補修に適用する場合、き裂の再発生を抑制することはできなかった。しかし、延命化には十分な効果があった。
- (2) き裂部に対して CFRP 板の幅が大きいほうが補修効果は高くなった。しかし、 $c/a=0.4$ の場合でも応急処置としては十分実用可能であると判断された。
- (3) 応力範囲が高い方が、CFRP 板の補修効果は大きくなった。
- (4) 以上より、CFRP 板を単独で疲労き裂の補修に適用することの可能性が高いことがわかった。

本研究の一部は平成 14,15 年度科学研究費(基盤研究(C)(2))(課題番号：14550486)および明星大学特別研究費の補助を受けて行った。記して謝意とする。

参考文献：1) 鈴木博之,岡本陽介：炭素繊維強化プラスチック板を用いた疲労き裂の補修,鋼構造年次論文報告集 第 11 巻,pp465～472,2003.11

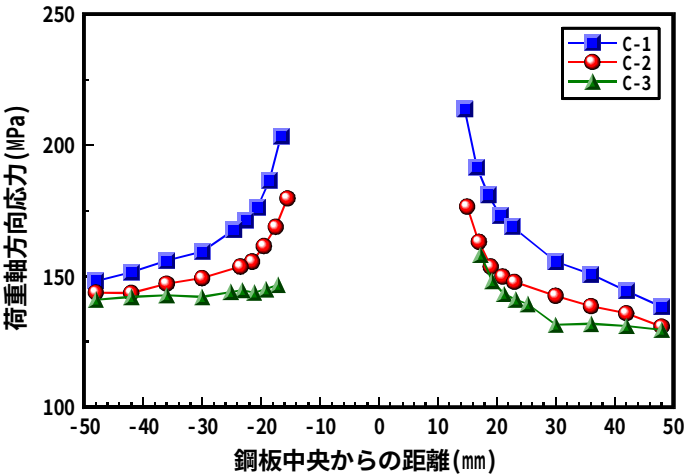


図-3 応力分布(公称応力140MPa)

表-3 応力集中の減少率

公称応力	80MPa		140MPa		170MPa	
	き裂先端の応力	C-1に対する減少率	き裂先端の応力	C-1に対する減少率	き裂先端の応力	C-1に対する減少率
C-1	119MPa	—	209MPa	—	284MPa	—
C-2	107MPa	10%	178MPa	15%	220MPa	22%
C-3	93MPa	22%	152MPa	27%	193MPa	32%

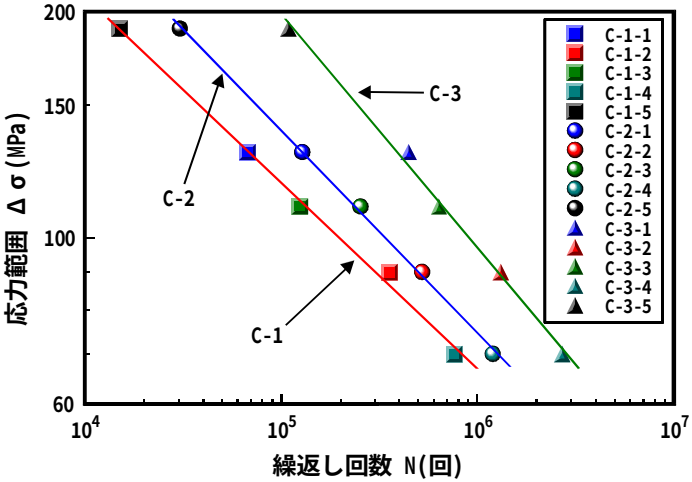


図-2 S-N線図

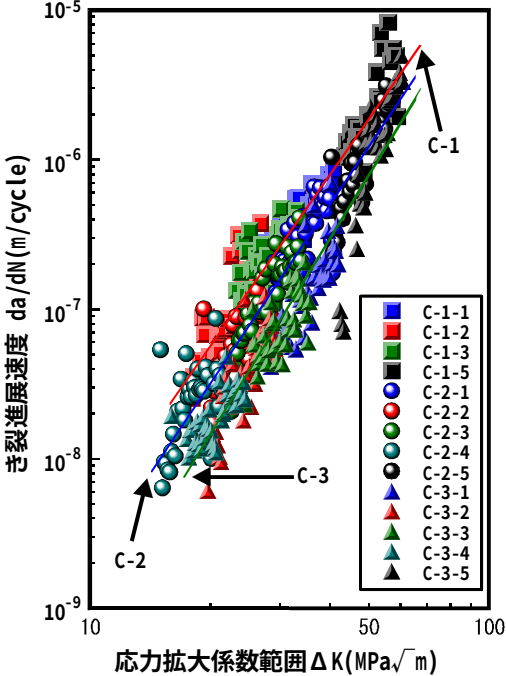


図-4 da/dN- ΔK関係