

## 面外ガセット溶接継手に発生した疲労き裂のCFRP板による補修

明星大学大学院 学生員 諸井敬嘉・明星大学 正会員 鈴木博之  
 東京都立大学 フェロー 前田研一・東京都立大学 正会員 中村一史  
 東京鐵骨橋梁 正会員 入部孝夫

## 1. はじめに

近年、交通量の増加や大型車両の通行による鋼橋の疲労損傷が数多く報告され、その対策が重要な課題となっている。著者らは、これまでに面外ガセット溶接継手部に発生した疲労き裂にCFRP板をエポキシ樹脂接着剤で貼付する補修方法を提案し、基礎的な検討を行っている<sup>1)</sup>。そこで、本研究ではこれらを踏まえ、接着剤の種類およびCFRP板の貼付方法について実験的に検討した。

## 2. 試験方法

試験片については、図-1に示すように、鋼板(250×9×1040)の中央部の両面にガセット(100×9×140)を回し溶接した構造とした。試験片に用いた鋼板、CFRP板および接着剤の機械的性質を表-1に示す。荷重の載荷方法については、試験片をI形断面桁の下フランジに高力ボルトで接合し、単純桁の4点曲げ載荷時における下フランジの引張領域を利用して、試験片に一樣な引張応力を作用させた。

## 3. CFRP板による補修方法

まず、疲労き裂を発生させるために繰返し載荷を行い、き裂長さ  $a$  が試験片の中心から幅方向へ片側15mmに達した時に載荷を止め、載荷桁から一旦外して補修を行った。補修時のCFRP板の貼付位置は、図-2に示す2ケースとした。図-2(a)は、止端部から発生したき裂に対し、CFRP板(25×1.2×100)を回し溶接部の両側に1枚ずつ、合計8ヶ所貼付する方法である。図-2(b)の補修方法は、母材の溶接ビード形状を8mm等脚の三角形形状にグラインダーで仕上げた後、CFRP板(25×1.2×200)を成形された溶接ビードに密着するように中央部に矩形の切り込みを入れ、5枚積層して貼付するとともに、隣接して両側に1枚のCFRP板(25×1.2×100)を貼付する方法である。また、接着剤については適切なものを把握するため、表-1に示すようなヤング率の異なる2種類を検討対象とし、貼付後は1週間の保温養生を行った。これらを組み合わせた実験シリーズを表-2に示す。

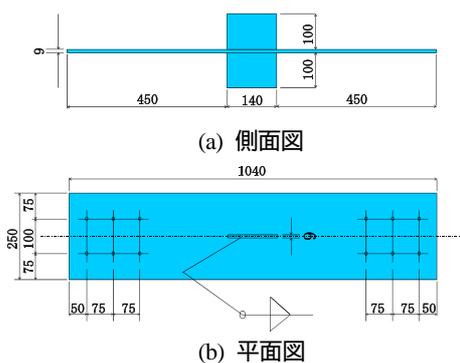
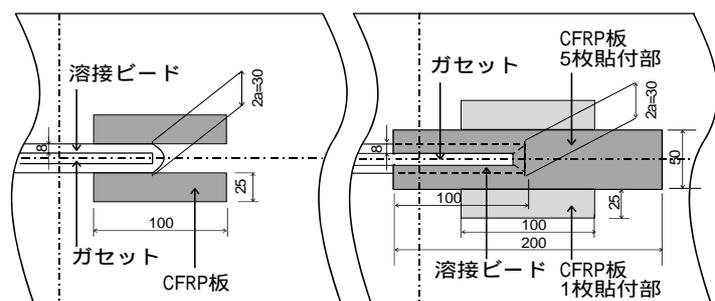


図-1 試験片形状



(a) E1S, E2S シリーズ

(b) E2M シリーズ

図-2 CFRP板の貼付位置

表-1 機械的性質

	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	破断伸び (%)	ヤング率 (GPa)
鋼板 (SM400A)	286	440	31	200
CFRP板	-	2350	1.9	155
エポキシ 樹脂接着剤	E1	-	20	4.0
	E2	-	20	1.5

表-2 実験シリーズ

シリーズ	補修方法	接着剤
N	無補修	-
E1S	図-2(a)	E1
E2S	図-2(a)	E2
E2M	図-2(b)	E2

Key Words : CFRP板, 補修, 疲労き裂, 面外ガセット, エポキシ樹脂接着剤

連絡先: 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 TEL.&FAX. 042-591-9632

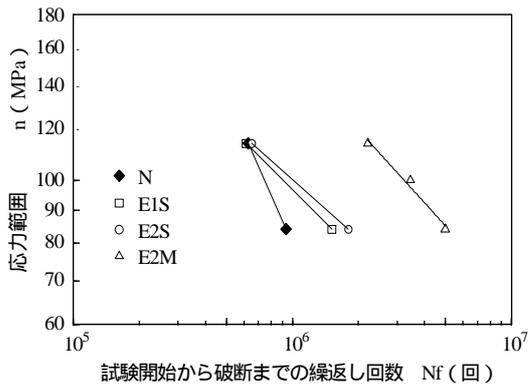


図-3 S-Nf 線図

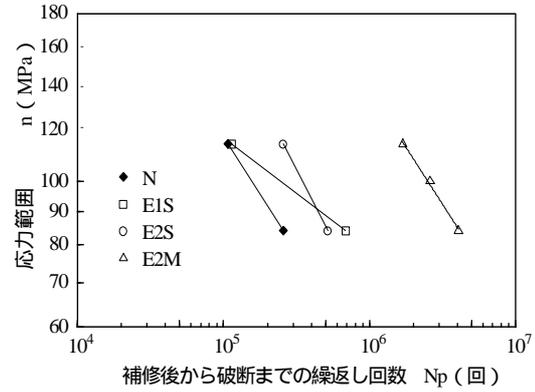


図-4 S-Np 線図

4. 試験結果および考察

試験開始から破断までの繰返し回数（以下、全寿命と呼ぶ）を  $N_f$ 、および、補修後から破断までの繰返し回数（以下、余寿命と呼ぶ）を  $N_p$  として、各シリーズの S-N 線図を図-3, 4 にそれぞれ示す。

図-3 より、接着剤の種類が異なる E1S および E2S の 2 つのシリーズと、無補修の N シリーズを比較すると、応力範囲が大きい場合、補修効果がないこと、また、応力範囲が小さい場合、一定の補修効果が出ていることが解る。図-4 より、接着剤のヤング係数が大きい E1S シリーズでは、高い応力範囲では補修効果がないことが解る。これは、補修後、き裂の進展に伴って、比較的早い段階で CFRP 板がはく離したためである。また、E2S シリーズでは、今回対象とした応力範囲では余寿命が伸びることが解る。

一方、CFRP 板を 5 枚積層して補修した E2M シリーズでは、寿命が著しく伸びることが図-3, 4 から解る。これは E2M シリーズでは、き裂中心の開口部が積層された CFRP 板により高い剛性で補強され、開口変位が十分に抑制されたためと考えられ、破断直前まで CFRP 板ははく離しなかった。

さらに、表-3 は、各シリーズの全寿命および余寿命を、無補修時の値で除した倍率を示したものである。表より、接着剤のヤング係数が小さい方が良好な補修効果を示すこと、また、CFRP 板を積層して補修した方がその効果は著しく向上し、余寿命倍率は約 16 倍、全寿命倍率でも 3~5 倍になることが解る。

最後に、き裂進展特性を図-5 に示す。図中には、各シリーズの回帰線も併記した。図より、CFRP 板を積層して補修した E2M シリーズの場合、き裂進展速度をかなり遅延できることが解る。

5. まとめ

面外ガセット溶接継手から発生した疲労き裂に対して、CFRP 板をエポキシ樹脂接着剤で貼付することにより補修を行い、CFRP 板の貼付方法や接着剤の種類が補修効果に及ぼす影響を明らかにした。特に、CFRP 板を積層して貼付すれば、十分な補修効果が得られることが確かめられた。

最後に、本研究を行うにあたり、新日本石油株式会社およびコニシ株式会社より実験材料を提供していただいた。ここに記して謝意とする。

参考文献

- 1) 諸井・中村・前田・鈴木・入部：CFRP 板による面外ガセット溶接継手部の補修に関する基礎的研究，土木学会第 58 回年次学術講演会，I-541，2003.9.

表-3 補修効果

	$\Delta\sigma_n$ (MPa)	実験シリーズ		
		E1S	E2S	E2M
全寿命倍率	114	1.0	1.0	3.5
	84	1.6	1.9	5.3
余寿命倍率	114	1.1	2.4	15.7
	84	2.7	2.0	15.9

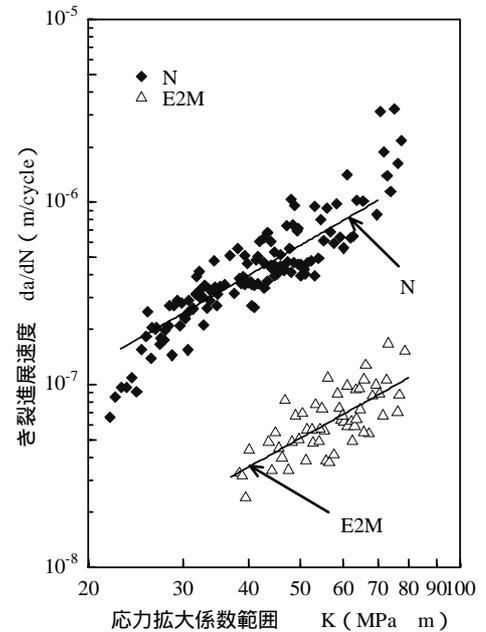


図-5 き裂進展特性