

## 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

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

## 1. はじめに

CFRP（炭素繊維強化プラスチック）板は、高強度であり、耐食性に優れた特徴を有し、鋼に対する比重が 1/5 程度と軽量であるため補修材料として期待されているが<sup>1)</sup>、鋼構造の分野では十分なデータがないのが現状である。本研究では、亀裂損傷を受けた鋼部材に対して、CFRP 板をエポキシ樹脂系接着剤で貼り付ける方法により補修することを提案し、これまでの小型試験片を用いた基礎的検討<sup>2),3)</sup>を踏まえ、具体的な対象構造として、面外ガセットのすみ肉溶接継手部を取り上げ、その適用性について基礎的な検討を行った。

## 2. 実験方法と静的載荷試験結果

図-1 に示すように、鋼板（250×9×1040，SM400A）の中央部にガセット（100×9×140，SM400A）を両面にすみ肉溶接したものを試験体とした。試験方法については、単純梁の 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、試験体に引張荷重を導入する方法を提案する。すなわち、図-1 に示すような I 型断面の載荷試験桁の下フランジにこの試験体を高力ボルトで接合するものとした。

まず、実験に先立ち、載荷試験桁から試験体に導入される引張応力を把握するため、静的載荷試験を行った結果を図-2 に示す。この図は、200kN 載荷時の支間中央部における断面の垂直応力分布を示したものであり、図中には、この載荷試験桁全体を忠実にモデル化して弾塑性 FEM 解析を行った結果も併記している。両者でよい一致を示すことから、この載荷試験桁により試験体へほぼ均一に適切な引張荷重を載荷できることが確かめられた。なお、載荷試験桁および試験体の垂直応力は、実験結果の方がやや低めの値となった。これは解析上、ボルト接合部の添接板の剛性を評価していないことによるものと考えられる。

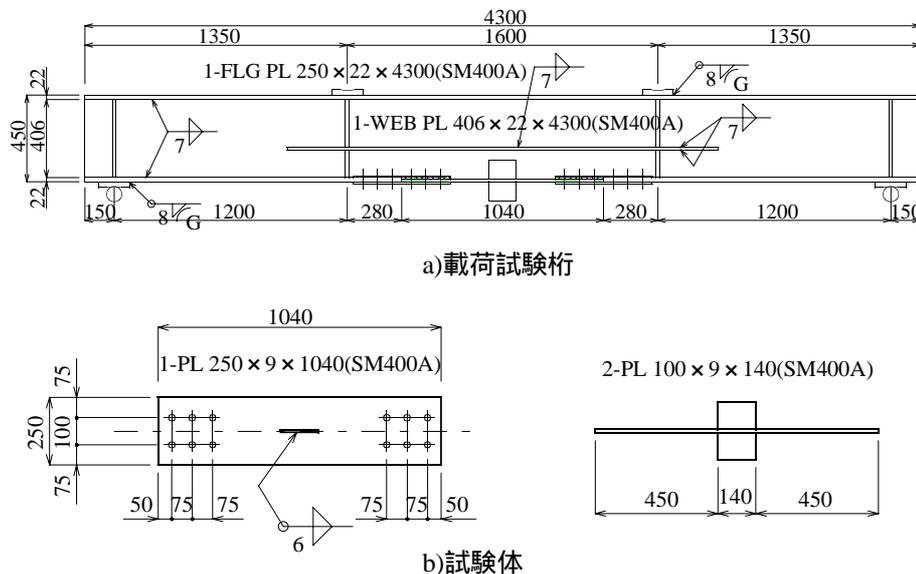


図-1 載荷試験桁および試験体の一般図

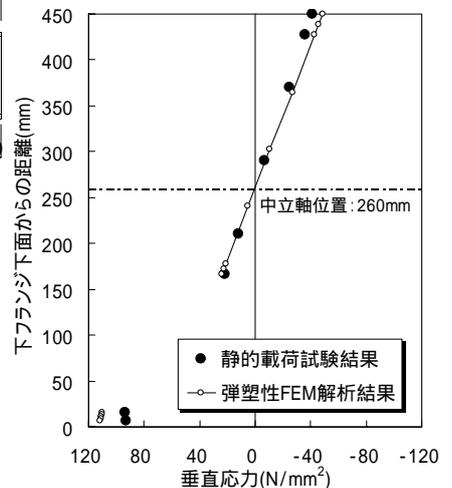


図-2 静的載荷試験結果の比較

## 3. CFRP 板によるひずみ抑制効果の解析的検討

## (1) 解析モデルと解析条件

ここでは、CFRP 板の添付による塑性ひずみ領域の抑制効果を把握することを目的として、汎用有限要素解析プログラム MARC 2001 を適用し、弾塑性 FEM 解析を行った。解析モデルについては、図-1 b) に示した試験体を解析対象として、対称性を利用して試験体の 1/2 をソリッド要素でモデル化した。すみ肉溶接部のピード形状のモデル化については、8mm 等脚の 3 角形状とした。CFRP 板の寸法や添付位置については、CFRP 板を添付しないモデルで解析を行って、応力集中部の範囲を予め把握して決定した。すなわち、面外ガセット取り付け部の

Key Words : CFRP 板, 補修, 面外ガセット, すみ肉溶接, 応力集中  
 連絡先 : 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 TEL. & FAX. 042-591-9632

溶接止端近傍で応力集中を生じることから、溶接止端部より長手方向にCFRP板(46×1.4×30)を貼付した。CFRP板を添付した解析モデルの要素分割図を図-3に示す。また、表-1に各部材の材料特性を示す。鋼板の構成則は、降伏以降を弾性係数の1/100勾配のバイリニア型でモデル化した。引張荷重の荷重方法は、一様な引張応力  $\sigma = 270(\text{MPa})$  を作用させ、孤張増分法により数値計算を行った。この引張応力は、試験装置の荷重能力および荷重試験術の許容応力度設計で想定される最大応力とした。なお、本研究では、面外ガセットの取り付けによる構造的応力集中に対して、CFRP板を添付することで緩和させることを目的としていることから、溶接接合による残留応力や亀裂発生後に生じる応力集中については考慮していない。また、亀裂発生後の補修については、今後、疲労試験などで別途検討する予定である。

表-1 各部材の材料特性

鋼板(SM400A)		
ヤング係数(GPa)	Es	204
ポアソン比	vs	0.3
CFRP板(Wc46×tc1.4×Lc30mm)		
ヤング係数(GPa)	Ec <sub>x</sub>	155
	Ec <sub>y</sub>	8
	Ec <sub>z</sub>	8
せん断弾性係数(GPa)	G <sub>xy</sub>	5.2
	G <sub>yz</sub>	4
	G <sub>zx</sub>	5.2
ポアソン比	ν <sub>cxy</sub>	0.34
	ν <sub>cyz</sub>	0.005
	ν <sub>czx</sub>	0.005
接着剤(Wb46×tb0.2×Lb30mm)		
ヤング係数(GPa)	E <sub>b</sub>	4
ポアソン比	ν <sub>b</sub>	0.3

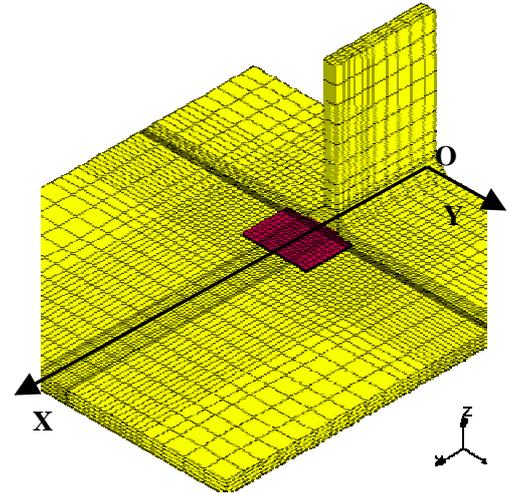


図-3 CFRP板を添付したモデルの要素分割図

(2)解析結果と考察

解析結果の一部として、図-4に板幅方向のひずみ分布を、図-5に長手方向のひずみ分布をそれぞれ示す。まず、図-4は引張ひずみが最大となる溶接止端部近傍に着目したものであるが、CFRP板を添付しないモデルでは、溶接止端部で急激に応力集中が生じること、また、CFRP板を添付することにより、ひずみが最も大きくなる部分で約25%低減できることが解る。さらに、図-5より、長手方向のひずみ分布もCFRP板の貼付によるひずみの抑制効果がみられ、図を略したが、平面的な応力集中の広がりを抑制する効果も確かめられた。なお、CFRP板の境界部では構造的に不連続となることから、局部的にひずみが大きくなる傾向が見られた。

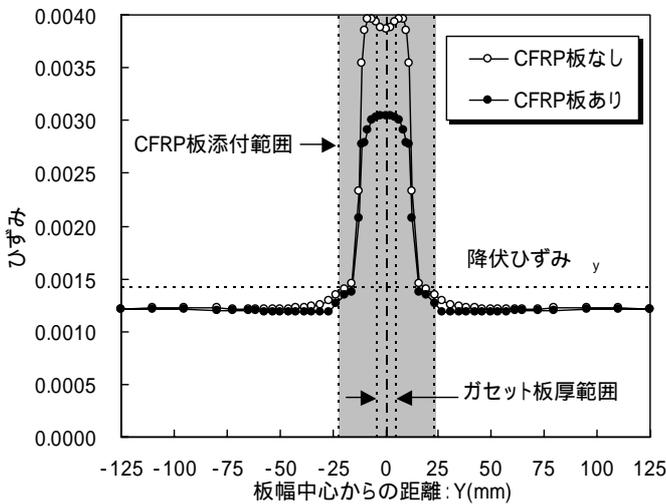


図-4 板幅方向のひずみ分布

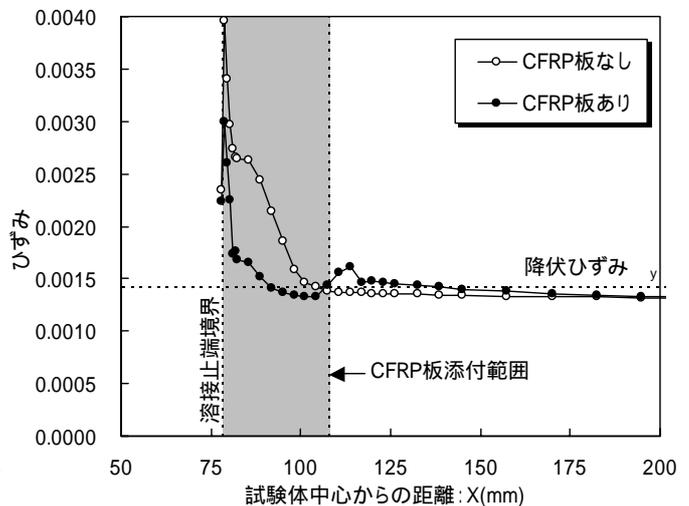


図-5 長手方向のひずみ分布

4. あとがき

以上のことから、面外ガセットによる構造的応力集中に対してもCFRP板の添付による補修方法が効果的であることが解析的な検討より確かめられた。疲労試験結果については発表当日に報告する予定である。

参考文献

- 1) 鈴木・永崎・遠藤・池田：き裂を有する材の炭素繊維強化樹脂板による補修，鋼構造年次論文報告集，第8巻，2000.11.
- 2) 中村・山沢・前田・土肥・入部・高木・鈴木：CFRP板による鋼部材の補修に関する基礎的研究，土木学会年次学術講演会講演概要集，第56回，CD-ROM I-A219，2001.10.
- 3) 山内・中村・前田・鈴木：CFRP板により補修された鋼部材の疲労試験，土木学会年次学術講演会講演概要集，第57回，CD-ROM I-670，pp.1339-1340，2002.9.