

## 箱形断面 CFRP 梁の載荷実験と画像解析によるひずみ分布計測

北海道大学 正会員 ○松本高志\* 学生員 峯村貴江 真砂純一 F会員 林川俊郎

## 1. はじめに

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) は、軽量かつ高強度で非腐食性であり、こうした特性を活かした土木構造物への適用が研究されている。

既往の研究では、CFRP・コンクリート合成梁について、積層構成の違いによる CFRP の強度が梁部材の変形と強度特性に及ぼす影響が大きいことが確認されている[1]。また、これらの実験結果について、有限要素解析による卓越応力成分の把握に基づいて、耐荷力とたわみの推定式が検討されている[2,3]。しかしながら、これらの研究においても、損傷と破壊の過程は十分明確にはされておらず、設計法の確立のためにもその把握が必要とされている。

本研究では、軸方向：周方向の繊維配向が 1：1 の箱形断面 CFRP 梁を作成し、4 点曲げ載荷実験を行った。ひずみゲージと変位計による計測に加えて、画像解析によるひずみ分布計測を行い、損傷・破壊過程の詳細な観察を行うことを本研究の目的とする。

## 2. 箱形断面 CFRP 梁の載荷実験

載荷は 4 点曲げにより行った。図 1 に供試体寸法と載荷条件を示す。図 2 に示すように、変位計 9 点（図中黒矢印 1～9）、三軸ひずみゲージ 6 点（図中 1～6）、ひずみゲージ 2 点（図中 7, 8）により計測を行った。既往の実験結果[1]に基づき載荷点近傍にひずみ計を配置し、加えてせん断スパン中央にも配置した。

載荷は荷重制御により行った。3.97tf で載荷板端部直下の角部で梁軸方向の割れが観察された。最終的には、既往の実験[1]と同様に、載荷板の端部近くで、圧縮フランジとウェブが破壊した（図 2 赤線）。最大荷重は 5.03tf であった。図 3 では角割れによる剛性変化が見られる。図 4 は、せん断支間のひずみゲージ 1 での梁周方向、梁軸方向、せん断方向のひずみを示している。せん断ひずみの卓越は、直交方向に繊維を積層しているためと考えられる。図 5 は載荷

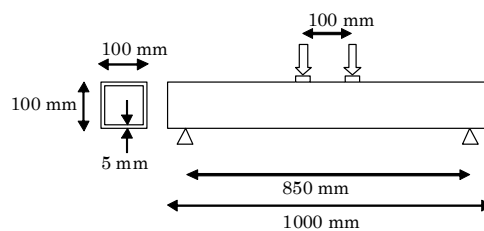


図 1 供試体寸法と載荷条件

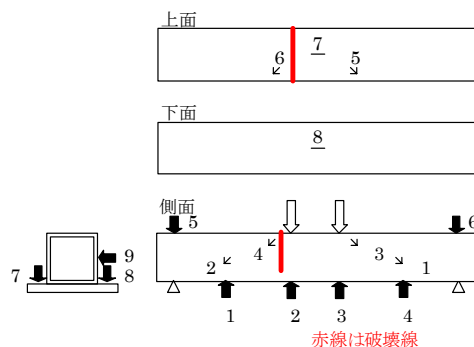


図 2 変位とひずみの計測点

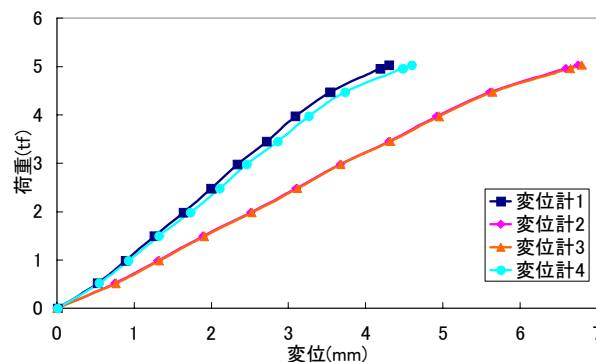


図 3 荷重－変位関係

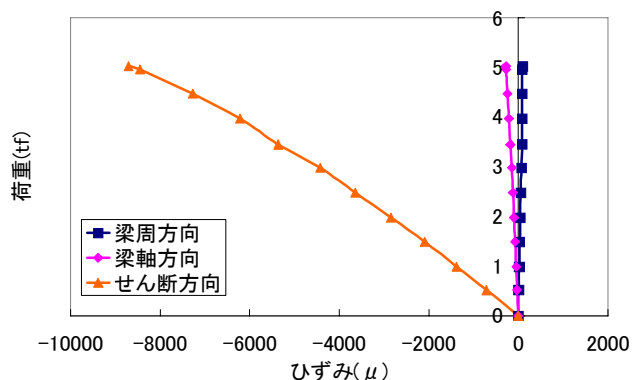


図 4 ひずみゲージ 1 計測点

キーワード：CFRP、箱形断面、画像解析、ひずみ場、損傷、破壊

連絡先：〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目 TEL：011-706-6171 FAX：011-706-6172

点直下のひずみゲージ3によるものであり、同様にせん断ひずみの卓越と角割れ後の剛性変化を示している。図6は曲げ支間の上フランジと下フランジのひずみであり、概ね線形に増加しているが、圧縮側は3.97tf以後増加が鈍化し、破壊時のひずみは1500 $\mu$ 程度であった。

### 3. 画像解析によるひずみ分布計測

画像解析は、ひずみゲージ貼付面とは反対側の面で、図7に示す灰色部分2箇所(①, ②)を対象領域として、デジタルカメラにより画像を取得し、デジタル画像相関法により行った。撮影は0.5tfごとに载荷を停止して行った。CFRP表面は一様な黒色であるため、対象領域を含んだ供試体側面にスプレーによりランダム模様を付与した。これにより画像相関を行えるようにした。

図8は画像解析により得られた3.97tf時のせん断ひずみ分布である。5.03tfで脆性破壊が生じたが、3.97tfにおいて既に①と②共に载荷板の端部直下にせん断ひずみの局所化が観察できる。この局所的なひずみの集中から最終的な脆性破壊に至ったものと考えられる。なお、ひずみゲージによるせん断ひずみの値とは相違が見られるため、より精密な校正が必要とされている。

### 4. まとめ

本研究では、箱形断面CFRP梁の载荷実験を行い、画像解析によりひずみ分布計測を行った。変位とひずみの計測で、CFRP梁の変形挙動を把握すると共に、ひずみ分布計測により破壊に関連する局所的なひずみ集中を把握した。今後は、画像解析の精度を向上させると共に、繊維配向の積層構成を変えた供試体を用いて、同様の実験を実施する予定である。

### 謝辞

供試体作成と既往の実験データ参照については、東レ(株)と清水建設(株)のご厚意によりなされた。また、本研究は北海道ガス大学助成制度助成金により一部実施された。ここに謝意を示す。

### 参考文献

- [1] 稲田裕他：CFRPを用いた合成セグメントの強度特性に関する実験的検討，土木学会，第62回年次学術講演会講演概要集，CS15-009，2007。
- [2] 松本高志他：箱形断面CFRP梁のFEM解析と耐荷力推定式の検討，土木学会，第63回年次学術講演会講演概要集，CS02-43，2008。
- [3] 松本高志他：CFRP梁の耐荷力推定式の検討と変形特性の把握，土木学会北海道支部論文報告集，Vol. 65，A-50，2009。

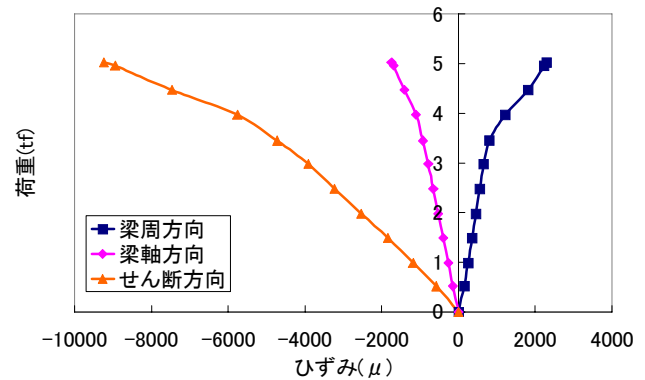


図5 ひずみゲージ3計測点

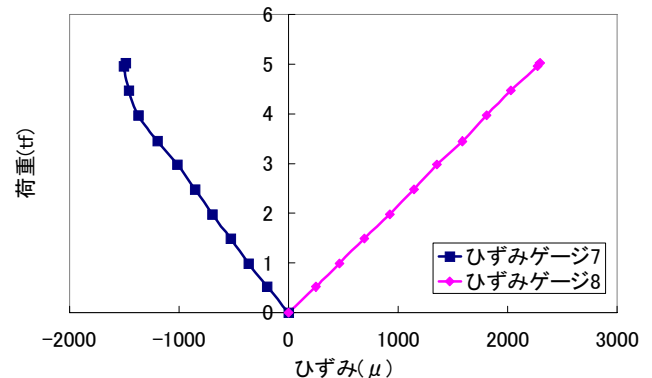


図6 ひずみゲージ7, 8計測点

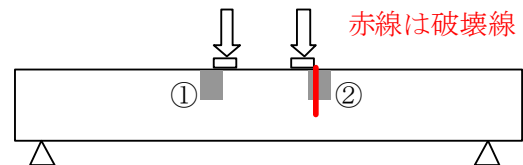


図7 画像解析対象領域(灰色部分).  
ひずみゲージ貼付面とは反対側の面.

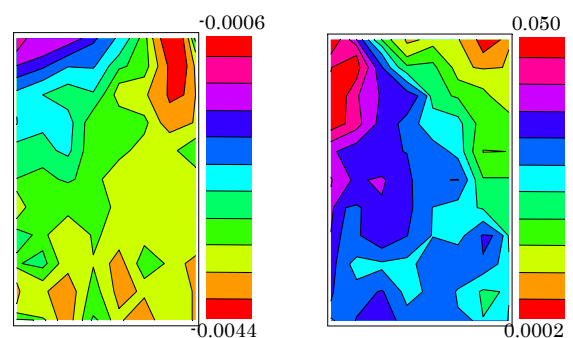


図8 せん断ひずみ分布(3.97tf). 左: 図7①,  
右: 図7②. 左右でせん断ひずみの符号は逆.