

CFRP の引張試験における破断観察

Fracture observation for CFRP material under tensile force

■はじめに

Introduction

炭素繊維強化プラスチック(Carbon Fiber Reinforced Plastics)は高強度かつ高剛性、そして軽量な高機能複合材料として注目されており、航空機をはじめ鉄道車両、自動車、土木建築などの分野への応用が進められています。

今回紹介する事例は、CFRP 材料平板試験片に対し引張負荷を与えた場合(引張試験)の特性評価と破断状

態の観察です。引張試験として静的な材料強度と弾性率測定を精密万能試験機にて行なうことに加えて、高速引張衝撃試験も実施しました。

後者の試験では、試料破断の様子を高速ビデオカメラで撮影し、CFRP 材料が破断する瞬間の画像データを取得することができました。

■ 試料

Testing specimen

Fig.1 は、今回の試験に供した試料(試験片)で、短冊状 CFRP の両端に長さ 50mm のガラス繊維入りエポキシ樹脂製のタブを熱硬化性樹脂接着剤で貼り付けた引張試験片です。タブでグリップ部を補強することにより安定し再現性の良い引張試験を行なうことができます。

試料の諸元は以下のとおりです。

- (1) 材料：CFRP 一方向材
- (2) 形状：短冊状 (両端タブ付き)

- (3) 試験片寸法： 静的引張試験用

200(L) × 12.5(W) × 1(T)mm

衝撃破断撮影用

70(L) × 6.25(W) × 0.3(T)mm



Fig.1 CFRP 試験片
CFRP test specimen.

■ 静的強度試験

Static strength test

試験片にひずみゲージ式の伸び計を取り付け、精密万能試験機で引張試験を行いました。この際弾性率の測定範囲を超えた時点で伸び計を取り外します。また、伸び計の代わりにひずみゲージを貼り付けてひずみを計測することも可能です。

引張試験の条件は以下のとおりです。

- (1) 引張速度：10mm/min
- (2) グリップ間隔：100mm

- (3) 試験力検出：50kN ロードセル

- (4) 伸び計標点間距離：50mm

- (5) 弾性率の計算範囲：5/10,000~25/10,000 ひずみ

試験結果として得られた応力-ひずみ線図(Fig.2)における所定ひずみ領域(弾性率の計算範囲)の勾配を算出し、CFRP 試料の弾性率を、また試験片破断までの応力-変位曲線(Fig.3)の最大応力により、引張強度を求めることができます。

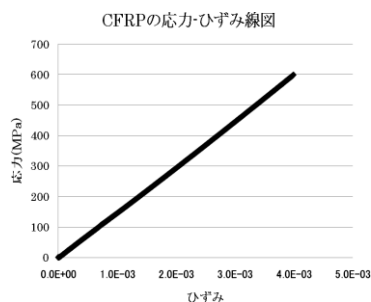


Fig.2 静的試験結果(応力-ひずみ線図)
Test result of static tensile.
(Stress-strain graph)

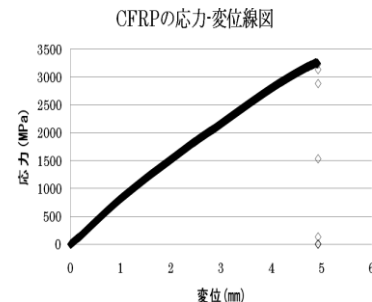


Fig.3 静的試験結果(応力-変位線図)
Test result of static tensile.
(Stress-displacement graph)

これらのデータから求められた値は以下のとおりとなりました。

- (1) 引張強度 : 346GPa
- (2) 弾性率 : 148GPa

試験後の試料の状態を Fig.4 に示します。 Fig.1 の初期状態と比較すると、樹脂中の繊維が破断している様子が非常に良く分かります。

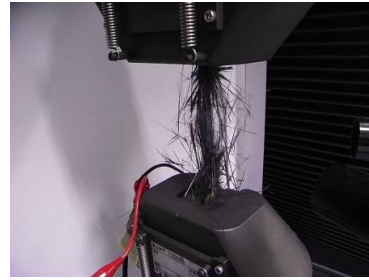


Fig.4 静的試験後の試料状況
Test specimen after testing.

■ 高速引張衝撃試験

High-rate tensile impact test

複合材料の開発においては、機能性の検証として静的強度試験だけでなく、能動的な安全性の確保を目的とするため、衝撃強度や破壊の進展過程を把握することが求められるようになってきています。

そこで、高速度ビデオカメラと高速引張衝撃試験機と組み合わせて、CFRP 試験片の引張り衝撃破壊の様子を観察しました。観察(撮影)条件は下記のとおりです。

- (1) 試験片引張速度 : 6m/s (200 ひずみ/s に相当)
- (2) グリップ間隔 : 30mm
- (3) 撮影用レンズ : 105mm マクロ, 2倍テレコンバータ
- (4) 撮影用照明装置 : ストロボ
- (5) 撮影トリガ : 引張負荷に同期した信号を試験機からカメラに送信

この実験系にて CFRP 試験片に対して前記の条件で負荷を加え、破壊する瞬間を高速度ビデオカメラで 250,000 コマ/秒の速度で撮影した画像データを Fig.6 に示します。

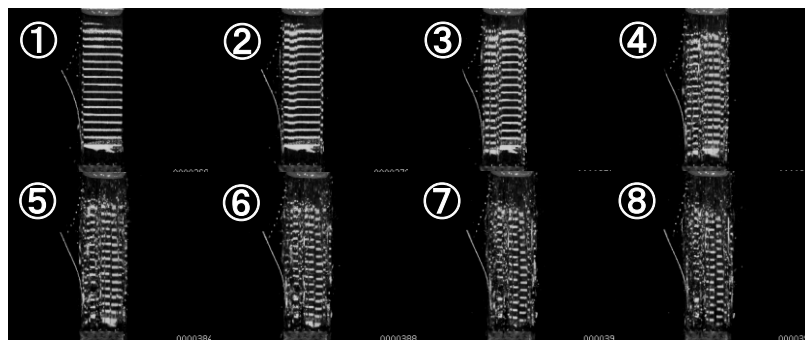


Fig.6 試験片破断状況の観察
Observation of test specimen fracture.

この事例のように、高速度ビデオカメラと材料試験機を組み合わせることにより、材料の物性評価と破壊性状の観察を同時に行うことが可能になり、機能性

Fig.5 は撮影実験の様子(外観)で、試験片の前方約 450mm の位置に高速度ビデオカメラを設置し、引張負荷と同期した撮影開始信号を試験機からカメラに送出する外部トリガ方式で撮影しています。照明には撮影タイミングに同期させたストロボ照明装置を使用しました。

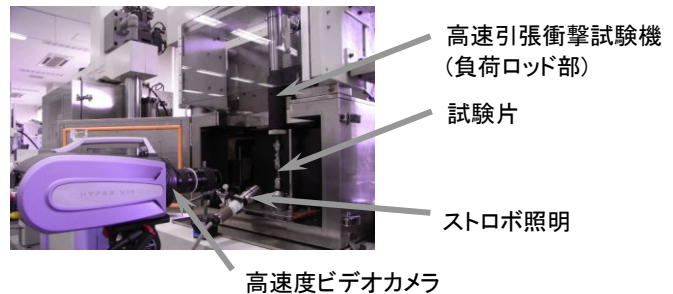


Fig.5 高速衝撃試験の状況
Overview of high-rate testing.

画像は①から⑧へ連続した 8 コマであり、コマ間の時間間隔は 4 マイクロ秒です。このカメラは画像の解像度が撮影速度に依らず一定で横 312×縦 260 と高精細であることが特長です。

樹脂単体から複合材料まで幅広く材料開発をサポートできるようになりました。

初版発行:2009年5月