

GFRP 材料の疲労強度評価

Fatigue Strength Test for GFRP Materials

■はじめに

Introduction

ガラス繊維強化プラスチック GFRP(Glass Fiber Reinforced Plastic)は、耐熱性、電気絶縁性に優れた超高強度複合材料として、自動車のほか OA 機器や家電機器などへの適用が急速に広がってきています。特に自動車分野においては、その使用される状況を踏まえ、材料の耐衝撃性能と疲労強度が重用視されており、より機能(性能)の高い GFRP の開発が求められています。

当社製品である油圧式疲労・耐久試験システム(サーボパルサ)は、樹脂材料、複合材料、金属材料や

コンポーネントの疲労強度を正確に測定することができ、まさに先に述べた疲労強度評価目的に適合するものです。

今回は、GFRP としてポリアミド樹脂にガラス繊維が 20%配合された複合材料を対象にした疲労試験事例を紹介致します。また、疲労試験の経過とともに試験片の内部状態がどのように変化するかを X 線透視装置(当社製)により観察しましたので併せてご紹介致します。

■試験装置および試料

Testing apparatus and specimens

今回使用した試験装置は、「島津油圧式疲労試験機サーボパルサ HHF-LV20kN 形」(代表的なシステムの外観を Fig.1 に示す)であり、また試験片の X 線透視観察に使用したものは「島津 X 線検査装置 inspeXio SMX-225CT 形」です。

また、試験に供した試験片(試料)の諸元は以下のとおりです。

- (1) 樹脂 : ポリアミド
- (2) 補強材 : ガラスファイバー20%
- (3) 試験片形状: 硬質プラスチック平板 I 号幅 20mm
- (4) 試験片寸法: 80(L) x 30(W) x 3(T) mm

■試験条件

Test conditions

疲労試験に先立ち、その負荷条件を決めるために静的引張試験を実施し、その条件と結果は以下の通りでした。

- (1) 引張り速度 : 1mm/min
- (2) チャック間距離 : 40mm
- (3) 雰囲気 : 室温 25°C
- (4) 引張り強度(測定結果) : 96MPa

これをもとに決めた疲労試験の実施条件(負荷、データ計測・採取の条件)は以下の通りです。

- (1) 試験周波数 : 10Hz



Fig.1 島津サーボパルサ EHF-LV20kNX 形 外観
Overview of SHIMADZU Servopulser EHF-LV20kN

- (2) 繰り返し最大応力 : 下記の 6 水準
 - 水準 1 : 77MPa(引張り強度の 80%)
 - 水準 2 : 67MPa(引張り強度の 70%)
 - 水準 3 : 58MPa(引張り強度の 60%)
 - 水準 4 : 48MPa(引張り強度の 50%)
 - 水準 5 : 43MPa(引張り強度の 45%)
 - 水準 6 : 38MPa(引張り強度の 40%)
- (3) 応力比 : 0 (最小応力は 0MPa)
- (4) 雰囲気 : 室温 25°C
- (5) 試験機 : サーボパルサ LV-20N
- (6) 試験力測定 : 20,000N ロードセル
- (7) チャック間距離 : 40mm
- (8) データ収集 : 2kHz
(試験機としては最大 40kHz まで測定可能)

静的引張り試験で得られた引張り強度(96MPa)を基準に 6 水準の繰返し応力を決定し、繰返し負荷の応力比(最小応力/最大応力)をゼロとしました。(例えば水準 1 の場合、最大応力 77MPa, 最小応力 0MPa, 応力振幅は 38.5MPa)

なお、今回使用した疲労試験機は最大 100Hz までの繰返し負荷が可能ですが、試験片の発熱を考慮して 10Hz の正弦波としました。

試験片を、つかみ具(チャック)にて試験機に装着した状態を、Fig.2 に示します。

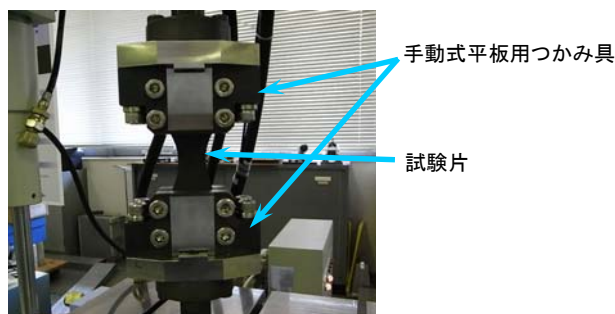


Fig.2 試験片取り付け状態
Test specimen and Exrenspsmeter

■ 試験結果

Test results

試験結果として、負荷開始から試験片破断までの測定応力(黒色)と変位(青色)のピーク値(正弦波の山と谷)履歴を、応力水準 5 を例としての Fig.3 に示します。繰返し応力負荷を受けた試験片は繰返し負荷により変形が漸増し、その後試験片のき裂発生後急激に

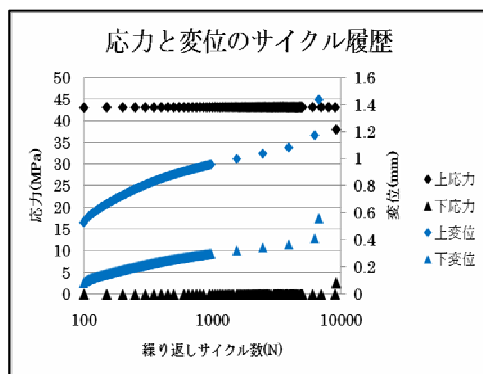


Fig.3 疲労試験結果
Fatigue Test Result

以上の結果から分かるように、疲労試験機は疲労強度試験のみならず、静的試験まで広範囲の強度評価に適用できるものです。

更に今回は、GFRP 材料内部のガラス繊維の配向性が疲労試験の進行とともにどのように変化するか

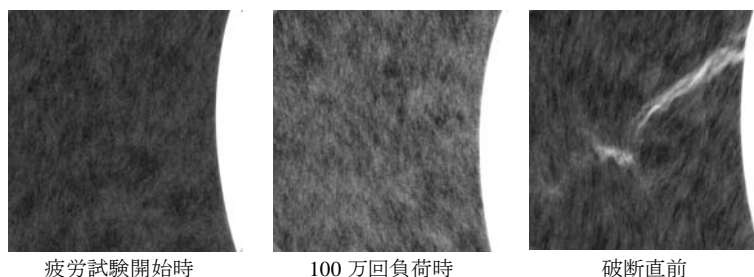


Fig.5 GFRP の内部観察
X-ray observation for GFRP

変形が増大し破断に至ります。

また、Fig.4 は 6 つの応力水準(各水準試験片 1 個)の最大負荷応力と試験片破断サイクル数の関係をプロットした S-N 線図です。

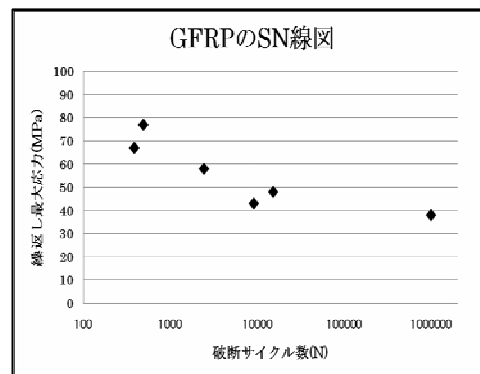


Fig.4 疲労試験結果
Fatigue Test Result

を調べるために工業用 X 線装置で観察しました。

Fig.5 に示すように、疲労試験前には特に方向性の無かった試料内部のガラス繊維(図左)が、100 万回負荷後には少し縦方向に揃い始め(図中)、破断直前には一様に縦方向になっている(図右)興味深いものが観察されました。

初版発行:2008 年 11 月