

SEMサーボパルサを使用した炭素繊維強化プラスチックの3点曲げ疲労試験

矢野 文彬、西川 祐貴

ユーザーベネフィット

- ◆ SEMサーボパルサを使用することで、炭素繊維強化プラスチックの3点曲げ疲労試験を実施することが可能です。
- ◆ SEMサーボパルサを使用することで、疲労き裂の観察が可能です。
- ◆ Servo Controller 4830により高精度の動的制御が可能です。

■はじめに

炭素繊維強化プラスチック(Carbon Fiber Reinforced Plastic : CFRP)は、比強度・比剛性が高い材料として知られており、輸送機分野をはじめ様々な業界で使用されています。CFRPを構造材料として使用していくためには、長期信頼性や耐久性の観点から、構造物の主な破壊の原因である疲労について適切に評価する必要があります。特にCFRPは炭素繊維とマトリックス樹脂の2種類の材料から構成され、マトリックスクラック、層間剥離、繊維破断等様々な破壊が作用する複雑な挙動を示します。

今回は、卓上型動的・疲労試験機サーボパルスEHF-Lを用いてCFRPの曲げ疲労試験を実施しました。また、走査電子顕微鏡つき高温疲労試験機SEMサーボパルサを使用して、疲労試験中のき裂進展の様子を観察しました。

■ 試料情報および測定システム

試料情報を表1に示します。試験には、EHF-LとSEMサーボパルサを使用しました。装置構成を表2に示します。まず、EHF-Lを使用して、CFRP試験片のS-N線図を作成しました。その後、得られたS-N線図をもとにSEMサーボパルサにおける疲労試験条件を設定し、き裂を観察しました。

表1 試料情報

試験片	: CFRP
積層方法	: (0/90)/(45/-45)交互積層
寸法	: 長さ36 × 幅5 × 厚さ3 mm

表2 装置構成

試験機	: EHF-L、SEMサーボパルサ
ロードセル	: 10 kN
試験治具	: 3点曲げ試験治具
制御装置	: Servo Controller 4830
ソフトウェア	: Windows ソフトウェア for 4830

■ 静的3点曲げ試験結果

疲労試験における条件設定のために、まず静的3点曲げ試験を行いました。静的3点曲げ試験の試験条件を表3に示します。図1に応力-変位線図を示します。静的3点曲げ試験における曲げ強さの平均値は、628 MPa (標準偏差50.6、変動係数8.1)となりました。この値をもとに疲労試験における負荷条件を設定しました。図2に試験の様子を示します。

表3 試験条件

試験速度	: 1 mm/min
試験数	: n = 4
支点間距離	: 30 mm
圧子/支点	: R2
使用装置	: EHF-L

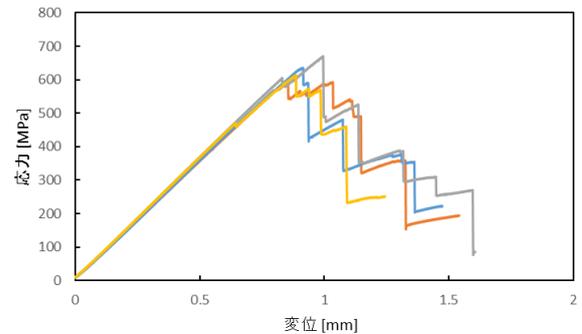


図1 応力-変位線図



図2 試験の様子

■ 3点曲げ疲労試験結果

静的3点曲げ強さに対して、60~85%の応力を3点曲げ疲労試験の負荷条件としました。表4に3点曲げ疲労試験の条件を示します。図3にSN線図を示します。

表4 3点曲げ疲労試験の条件

最大負荷応力	: 377, 409, 440, 472, 503, 535 [MPa] (静的曲げ強さに対して60~85%)
応力比	: 0.1
周波数	: 20 Hz
試験数	: n = 2
支点間距離	: 30 mm
圧子/支点	: R2
使用装置	: EHF-L

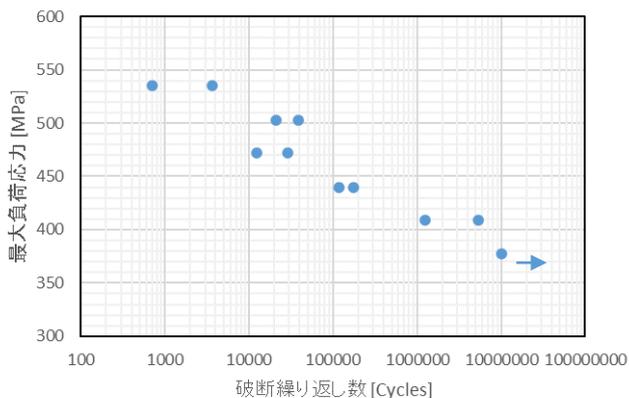


図3 SN線図

※青い点一つ一つが、1回の疲労試験結果です。矢印付きの点は、所定の回数(1千万回)でも破断しなかったことを示します。

■ SEMサーボパルスによる観察

SEMサーボパルスは、走査電子顕微鏡(SEM)と疲労試験機(サーボパルス)を組み合わせた装置となっており、試験中のき裂の進展を詳細に観察することができる装置です。図3のSN線図より、今回は、最大負荷応力535 MPaにてSEMサーボパルスによる観察を行いました。図4に試験片と試験治具の写真を示します。試験片はSEMで観察しやすいようにあらかじめ金コーティングを施しています。図5にSEMサーボパルスによる観察画像を示します。図5(1)は試験前の圧子直下の試験片の様子になります。図5(2)~(4)は719サイクル時の圧子近傍の試験片の様子を示しています。SEMの倍率はそれぞれ30、50、100倍になります。図5(2)~(4)より圧子左側に繊維破断を含む圧縮破壊が観察されました。図5(5)、(6)は5500サイクル時の試験片の様子を示しています、倍率はそれぞれ13倍、100倍になります。図5(5)より圧子側だけでなく、反対側にもクラックが発生していることがわかります。図5(6)では図5(4)では観察されなかった新たなマトリックスクラックも観察され、損傷が進んでいることが明らかとなりました。

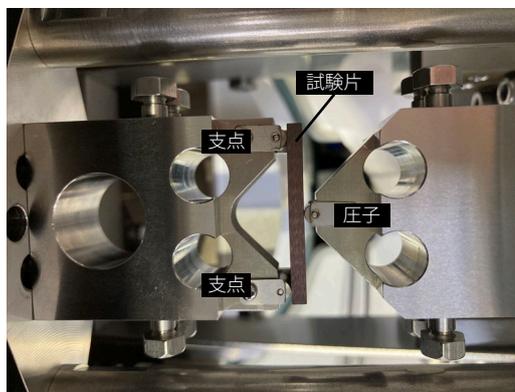


図4 試験片と試験治具

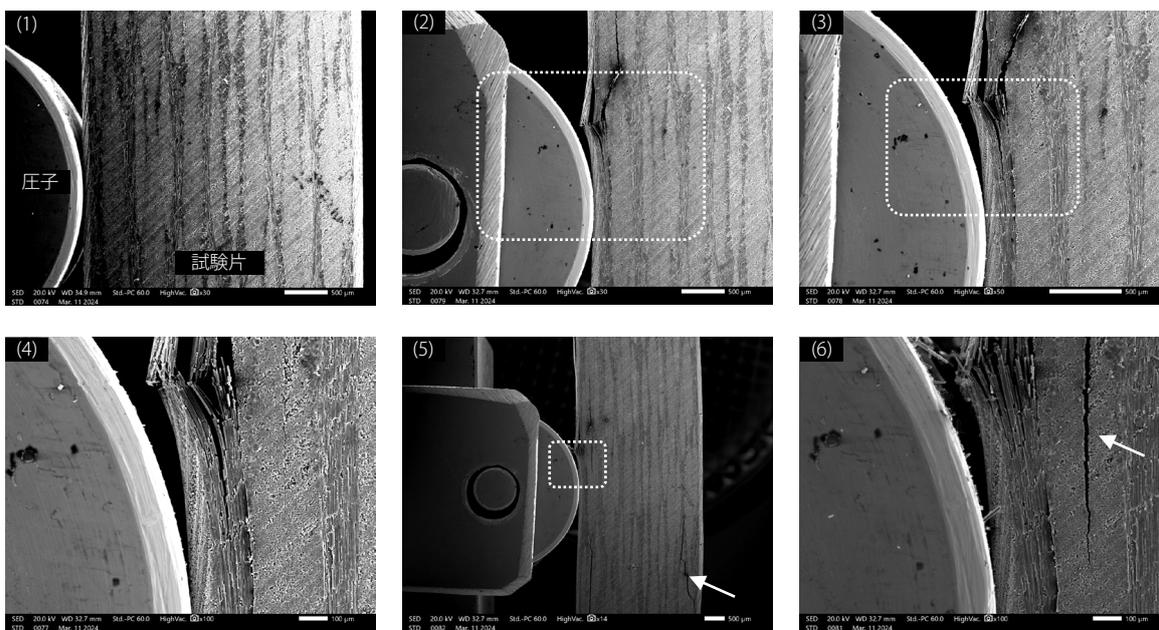


図5 SEMサーボパルスによる観察画像例

(1) 試験前 (2) 719 cycles、×30倍 (3) 719 cycles、×50倍
(4) 719 cycles、×100倍、(5) 5,500 cycles、×13倍 (6) 5,500 cycles、×100倍

■まとめ

疲労試験機を用いてCFRPの曲げ疲労試験を実施し、SN線図を求めました。その後、得られたSN線図を参考に、SEMサーボパルスにおける条件を設定し、測定中の試験片の損傷を観察しました。SEMの倍率を変更することで、試験片の損傷個所を詳細に観察することが可能であり、また、試験が進行することで、どのように損傷が進展していくか明らかにすることができました。このようにSEMサーボパルスは、CFRPをはじめとする複合材料の疲労特性の評価に役立てていただくことができます。

<関連アプリケーション>

- SEMサーボを用いた亀裂試験片の3点曲げ疲労試験と亀裂観察 Application News No.01-00794
- SEMサーボパルスを使用した溶接材の3点曲げ疲労試験 Application News No.01-00792

サーボパルスは、株式会社島津製作所またはその関係会社の日本およびその他の国における商標です。

＞ アンケート

関連製品 一部の製品は新しいモデルにアップデートされている場合があります。



＞ EHF-Lシリーズ

卓上型動的・疲労試験機 サーボパルサ



＞ SEMサーボパルサ

(走査電子顕微鏡高温疲労試験機)

走査電子顕微鏡つき高温疲労試験機

関連分野

＞ 工業材料・マテリアル

＞ CFRP

＞ 化学

＞ プラスチック - 石油・
化学工業

＞ 価格お問い合わせ

＞ 製品お問い合わせ

＞ 技術お問い合わせ

＞ その他お問い合わせ