

# CFRP の疲労き裂伝ば特性

材料強度学研究室

山田 耕司

## 1. 緒言

複合材料のひとつに CFRP(炭素繊維強化複合材料)がある。この材料はエポキシ樹脂を炭素繊維で強化したものであり、軽量かつ高強度な材料として航空機などの構造材で重要な位置を占めている。しかし、その疲労特性についてまだ未解明な部分も多い。本研究では、構造が単純な積層材を用いて、その繰返し引張圧縮荷重下でのき裂伝ば挙動を調査した。

## 2. 実験方法

### 2-1 実験に用いる CFRP について

本研究に使用した CFRP の積層構成は $[0^\circ / 90^\circ / 0^\circ]_s$  で  $0^\circ$  と  $90^\circ$  の各層の割合は 75:25 となっている。機械的特性を知るため万能材料試験機を用いて引張試験を行った。 $0^\circ$  材は  $0^\circ$  繊維方向と応力軸が一致する方向を意味する。

表 1. 研究に用いる CFRP の基本的特性

	$0^\circ$ 材	$45^\circ$ 材	$90^\circ$ 材
ヤング率(GPa)	82.6	14.1	24.5
引張強さ(MPa)	1240	70	290

### 2-2 疲労試験

油圧式サーボ疲労試験機を使用して疲労試験を行った。試験片形状を図 1 に示す。つかみ部のタブにはアルミニウム合金を用いた。応力軸にある角度をなして伝ばするトランスバースき裂と応力軸に平行に伝ばする層間き裂の両者に注目し、繰返し数と試験片両面に発生するき裂長さの関係を求めた。応力振幅は $\sigma_a=180\text{MPa}, 220\text{MPa}$  の 2 段階で応力比  $R=-1$  とした。繰返し速度は 10Hz である。き裂長さの測定にはレプリカを用いた。

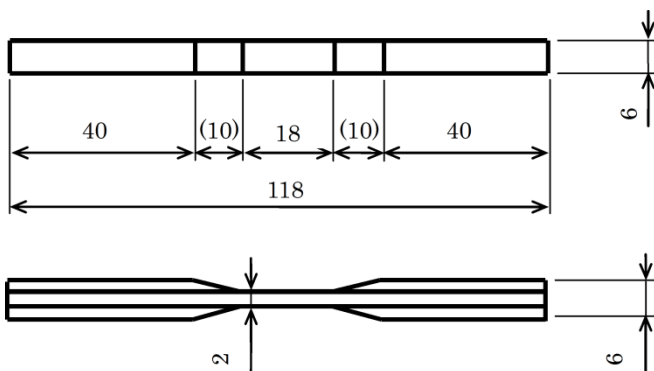


図 1. 試験片の寸法形状(mm)

## 3. 実験結果および考察

応力の繰返しに伴いトランスバースき裂が複数発生し、それらが伝ばして層間き裂に移行した。図 2 にき裂伝ばの形態の観察例を示す。最初に発生したトランスバースき裂から移行した層間き裂の長さとの繰返し数の関係を図 3 に示す。層間き裂は途中で停留するが、繰返し応力が高い方が最終的なき裂長さが長い。き裂伝ば速度はばらつきが激しく、その特性を定量的に評価することは困難であった。

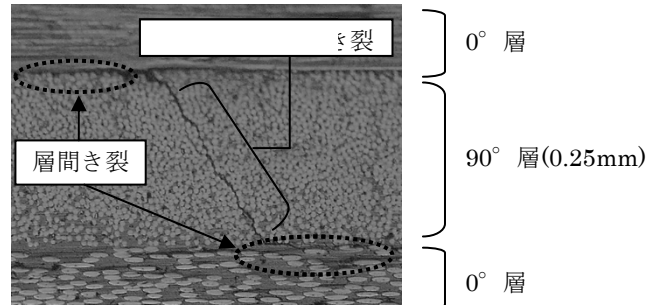


図 2. トランスバースき裂と層間き裂の位置関係

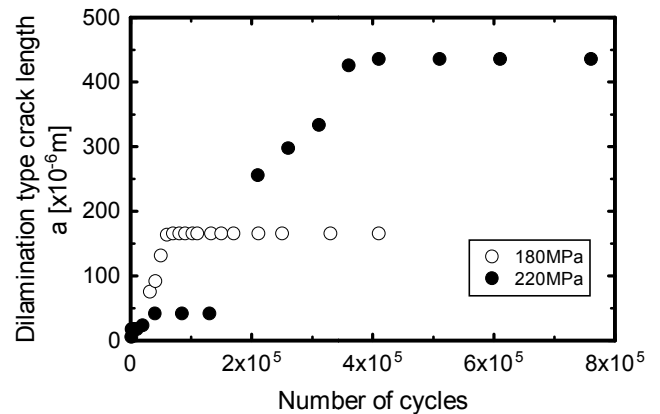


図 3. 層間き裂における  $a-N$

き裂伝ば速度が変化する要因に、繊維の不均一性が考えられる。き裂は繊維とマトリックスの界面に沿って伝ばするが、その界面間の間隔が広いと界面接着力よりもエポキシ樹脂そのものの靱性が支配的になるため、き裂伝ば速度が鈍化したり、あるいは伝ばそのものが停止する。繊維間隔の広い領域で停留したき裂の観察例を図 4 に示す。

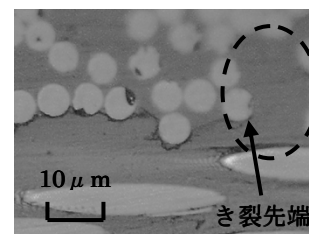


図 4. 層間き裂伝ばの停止した部分の様子

## 4. 結論

- (1) 繰返し引張圧縮荷重下で  $90^\circ$  層に生じたトランスバースき裂が層界面に達すると層間き裂となり伝ばする。
- (2) この層間き裂はある程度伝ばした後停留する。
- (3) 繊維間隔の大きい領域でき裂が停留する傾向があった。

(参考文献省略)