

積層 CFRP 板の曲げ強度におよぼす内部損傷の影響

知能材料学研究室

中川 滝夫

1. 緒言

炭素繊維強化複合材料 (CFRP) は、一般にエポキシ樹脂を母材に、炭素繊維に強化材を使用した複合材料であり、軽量で高強度な材料として航空産業、建設産業など各分野で幅広く使用されている。実際はプリプレグと呼ばれるシート材を積層させ成形することで使用されることが多く、繊維強化材であるため、強度や機械的性質の異方性が強い。一方向材では、繊維方向の破壊強度がそれに直交する方向の強度の 30 倍以上となる。直交積層材を徐々に引張ると、まず荷重方向に繊維が直角な 90° 層にトランスバースき裂などの内部損傷が生じる。本研究では、直交積層 CFRP 板に引張荷重を負荷した時の 90° 層内での損傷挙動と、損傷を有する材料の 4 点曲げ強度との関係を調査した。

2. 実験装置および方法

実験で使用した材料は、東邦ナノテックス製、板厚 2mm の直交積層板で積層構成は $[0^\circ / 90^\circ / 0^\circ]$ の 3 層構造である。 0° と 90° の割合は 75 対 25 である。試験片は 0° 方向を長手方向として、幅 10mm、長さ 120mm の長方形である。試験片を引張るため、つかみ部はアルミニウム合金製タブをアラライトにより接着した。試験片の形状および寸法を図 1 に示す。

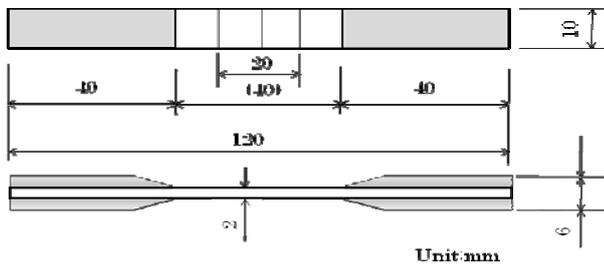


図 1 試験片

引張り予負荷によりトランスバースき裂を導入させる目的で、万能試験機 (容量 100kN) を用いて、36kN (1.8GPa) まで段階的に負荷した。2kN ごとに試験片側面 90° 層の標記間 20mm に発生したトランスバースき裂数をマイクロスコップを用いて測定した。予負荷を与えていない試験片と 36kN まで引張った試験片を、それぞれ各 2 本ずつ 4 点曲げ試験を行った。この時試験片タブは取り除いた状態で短スパン 27mm、長スパン 81mm、クロスヘッドスピード 5.0mm/min の条件で行った。

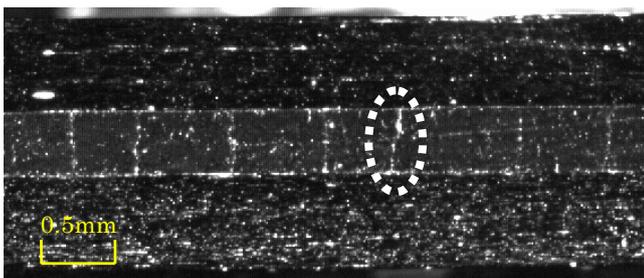


図 2 トランスバースき裂

3. 実験結果および考察

36kN の引張り荷重を負荷した後の試験片側面の状態を図 2 に示す。中間にある 90° 層に多数のトランスバースき裂 (丸棒) が発生している。8 本の試験片について、これらき裂の数と負荷荷重との関係を求めた結果を図 3 に示す。2kN の段階ですでにき裂が発生し、荷重の増加とともにき裂の数が増加する。28kN 付近よりき裂の増加割合は低下し、32kN ではほぼ飽和状態になっていることがわかった。

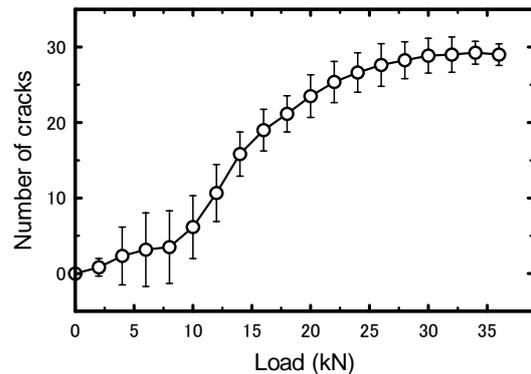


図 3 き裂数の変位

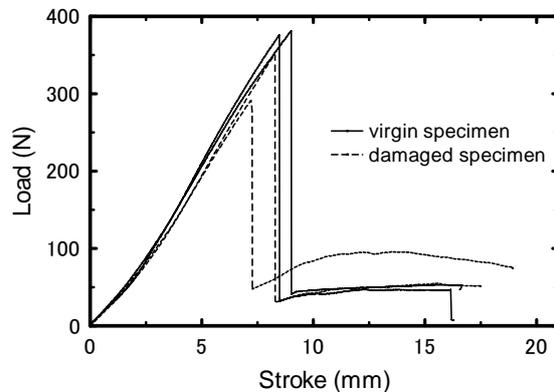


図 4 曲げ荷重変位線図

曲げ試験において得られた荷重-変位曲線を図 4 に示す。いずれの試験片も最大荷重に達した後、急激に荷重が低下し、その後、100kN 以下の荷重を保つ。曲げ強度に達した時、圧縮側の 0° 層と 90° 層が剥離し、 0° 層の破壊が生じた。内部損傷のない試験片の曲げ強度は 381N で、トランスバースき裂を含む試験片の張力は若干低下する傾向にあった。また、トランスバースき裂の存在により、曲げ剛性が低下することがわかった。

4. 結論

(1) 引張り荷重下で内部損傷が飽和するのは荷重が 32kN 以上であり、それ以降は荷重をかけてもトランスバースき裂数に変化は見られない。

(2) トランスバースき裂の内部損傷により曲げ強度および剛性が低下する。