

CFRP積層板の曲げ応力におよぼす繊維配向角の影響

傅 恩波, 見尾田征幸, 高村 巧, 加賀 寿

Influence of Fiber Orientation on Bending
Stress of CFRP LaminatesEn-Bo Fu, Motoyuki Miota,
Takumi Takamura, Hisashi Kaga

要 旨

CFRP積層板の曲げ応力におよぼす繊維配向角の影響を調べるため、異なる繊維配向角の積層板を作製し、3点曲げ実験を行った。その結果、曲げ応力は繊維配向角に大きく影響され、繊維配向角 θ の増大によって小さくなることがわかった。一方、同じ繊維配向角の場合でも、試験片の幅によって曲げ応力は変化する。曲げ応力におよぼす繊維配向角の影響を検討する場合、適正な試験片幅 b_0 は次式から求めることができる。

$$b_0 = L \tan(\theta/2) \quad (0^\circ < \theta \leq 90^\circ)$$

(ここで、L：スパンの長さ、 θ ：繊維配向角)

1. 緒 言

CFRP積層板は同じプリプレグにより作製したものであっても、各層間の繊維配向角が異なれば強度や剛性は異なる値を示す。このような性質を利用することにより、目的に応じた材料の設計が可能である。しかし、これまでに報告されているCFRP積層板の曲げ特性に関する研究は、主に配向角が 0° の場合について議論されていたものが主である¹⁻⁵⁾。CFRPの実用化の見地から、積層板の曲げ特性におよぼす繊維配向角の影響を検討することは重要である。

異なる繊維配向角の積層板の曲げ試験において、試験片の採取方法によってその評価結果が大きく異なってくることが予想される。本研究では、採取条件として試験片幅を取り上げ、異なる繊維配向角の

CFRP積層板の曲げ応力を測定し、各繊維配向角に対して適正な試験片幅を求めることを試みた。

2. 実験方法

実験に用いた積層板は、CF/エポキシUDプリプレグ材(東邦レーヨンのベسفアイトQ-1111)を図1に示すように10層積層した。成形法はホットプレス法により、プレス圧 4kgf/cm²、硬化温度と硬化時間はそれぞれ130℃、1時間とした。積層板の大きさは250mm×250mmで、繊維含有率はほぼ63%である。試験片の繊維配向角は 0° 、 30° 、 45° 、 60° 、 90° の5種類とし、各繊維配向角 θ に対して表1に示すような寸法に加工したものを使用した。図2-(a)に示すような積層板(θ :繊維配向角、 $0^\circ < \theta \leq 90^\circ$)から図2-(b)に示すような曲げ試験片を採取する。

表 1. 試験片の寸法

θ	厚み(mm)	スパン(mm)	幅 b_1 (mm)	幅 b_2 (mm)	幅 b_3 (mm)
0	1.6	90			7.0
	1.7	90	--		15.1
	1.7	90			30.0
30	1.9	90	16.1	--	--
	1.7	90	--	24.5	--
	1.8	90	--	--	39.4
45	1.9	90	10.5	--	--
	1.9	90	22.5	--	--
	1.9	90	31.5	--	--
	1.8	90	--	38.1	--
	1.8	90	--	--	52.9
60	1.9	90	10.0	--	--
	1.9	90	22.6	--	--
	1.9	90	31.5	--	--
	1.8	90	--	53.0	--
	1.8	90	--	--	67.4
90	1.8	90	22.2	--	--
	1.9	90	54.2	--	--
	1.8	90	--	90.6	--

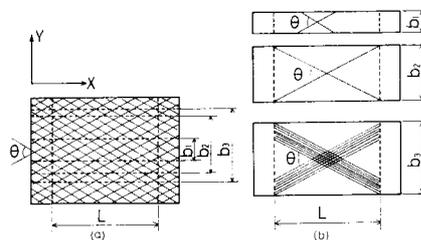


図 2. 試験片の採取要領

(a) 積層板中の試験片の採取位置
(b) 試験片内の繊維配列

ここで、曲げ試験時のスパンをL、繊維の長さをL₁とした場合、長繊維は以下のように定義する。

$$L_1 \leq L / \cos(\theta/2) \quad (1)$$

長繊維が含まれる最小の試験片幅をb₂とする。それ未満をb₁とし、それ以上をb₃とする。

曲げ試験はオートグラフ試験機(島津製作所)を用い、図3に示すような3点曲げ試験を行った。試験条件はクロスヘッド速度が5 mm/min、実験温度は23℃、湿度は50%であった。

得られた最大曲げ荷重から、次式(2)を用いて、曲げ応力を求めた。

$$\sigma = \frac{3PL}{2bt^2} \quad (2)$$

ここで、 σ : 曲げ応力 (kgf/mm²)

P: 最大曲げ荷重 (kgf)

L: スパン (mm)

b: 試験片の幅 (mm)

t: 試験片の厚み (mm)

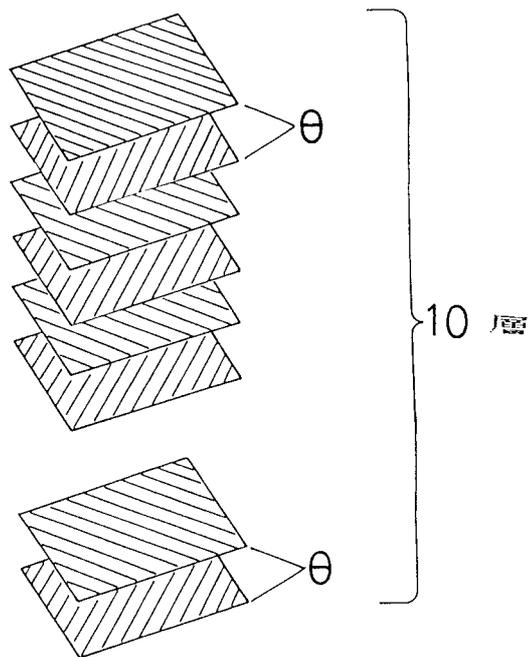


図 1. 積層板の積層方式

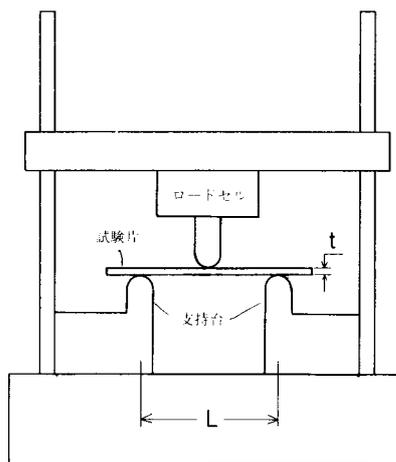


図 3. 3点曲げ試験の概要図

3. 結果および考察

(1)式を適用して求めた、繊維配向角 θ の異なる各試験片の曲げ応力 σ と試験片幅 b との関係を図4に示す。繊維配向角が 0° の場合、試験片幅 b が変化しても曲げ応力はほぼ一定値を示している。しかし、それ以外の繊維配向角の場合は、試験片幅 b の増大によって曲げ応力 σ が大きくなり、ある試験片幅で σ は飽和する。ここで、前述した試験片幅の三つの場合に於てはめて考える。試験片幅が b_1 の範囲では、どのような繊維配向角をとっても(ただし、 $\theta = 0^\circ$ は除く)、試験片幅の増大にともない、曲げ応力は大きくなる。この場合、試験片に長繊維は含まれないが、試験片幅の増大にともなって、試験片内に含まれる繊維の長さは長くなる。

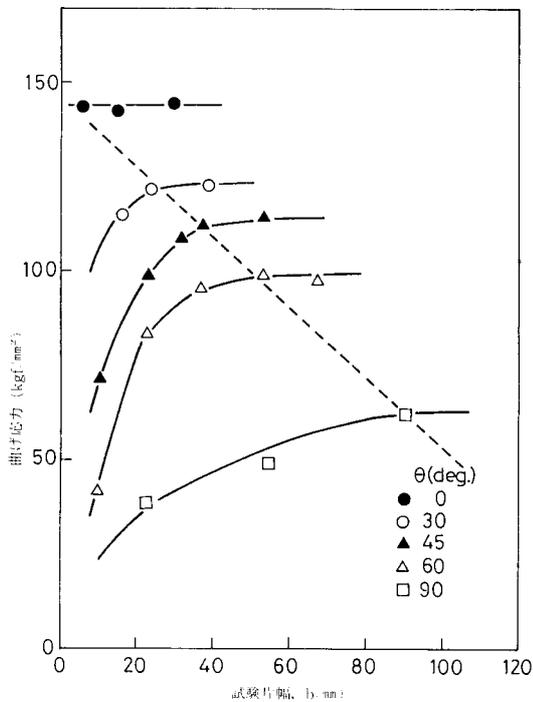


図4. 曲げ応力と試験片幅との関係

結果として、曲げ応力が増加したと考えられる。試験片幅が b_2 に達し、 b_3 の範囲になっても、試験片には長繊維が含まれているので、曲げ応力は増大せずに一定値を示すようになる。したがって、曲げ試験において、試験片幅は b_2 以上であることが望ましい。

図中の点線は、曲げ応力が一定になった時の試験片幅 b を各繊維配向角についてむすんだものである。この b の値は試験片の適正幅を示しており、次式で求めることができる。

$$b_0 = L \tan(\theta/2) \quad (3)$$

ここで、

b_0 : 試験片の適正幅 (mm)

L : スパン (mm)

θ : 繊維配向角 ($0^\circ < \theta \leq 90^\circ$)

すなわち、(3)式を用いることにより、異なる繊維配向角の積層板について、適正な曲げ試験片の幅を求めることができる。

さらに図4からは繊維配向角の大きい積層板ほど曲げ応力が小さいことがわかる。繊維配向角と適正幅の試験片の曲げ応力との関係を図5に示す。

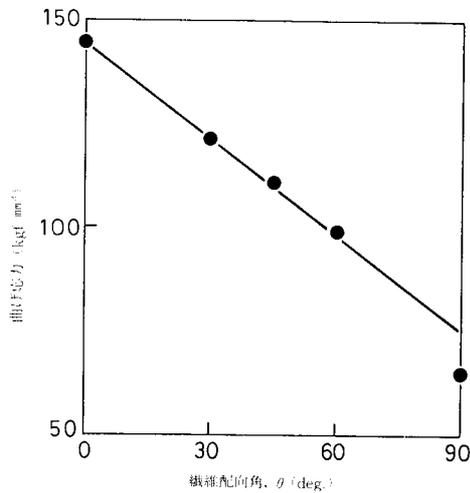


図5. 曲げ応力と繊維配向角との関係

曲げ応力は配向角の増大によってほぼ直線的に小さくなることがわかる。

本研究では、積層板の一方向だけ(X方向)の曲げ応力について検討した。CFRPは異方性材料であるので、今後その他の方向についても検討する必要がある。また、本実験に用いた繊維配向角は $\theta =$ 一定値を繰り返し積層させたものである。実際に用いられる積層板は何種類かの配向角 θ によって構成される場合も考えられる。このような混合配向角をもつ積層板の衝撃特性については著者ら⁷⁾によって織

維配向パラメータが提案された。このパラメータが曲げ特性に対しても直接応用できるか否かは今後の研究課題である。

4. 結 言

CFRP積層板の曲げ応力におよぼす繊維配向角の影響を調べるため、3点曲げ実験を行った。その結果、以下の結論が得られた。

(1) 曲げ応力は繊維配向角に大きく影響され、繊維とコ維配向角の増大によって小さくなる。

(2) 同じ繊維配向角の場合でも、試験片の幅によって曲げ応力は変化する。曲げ応力におよぼす繊維配向角の影響を検討する場合、適正な試験片幅 b_0 が存在し、次式から求めることができる。

$$b_0 = L \tan(\theta/2)$$

5. 謝 辞

本研究の論文作成にあたり、御協力・御助言下さ

った材料開発科の下野 功、菅原智明両研究員に衷心より感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 金原 勲, H. C. Kim, 大沢 勇, 竹鼻三雄: 材料, 28, 1160 (1971).
- 2) 岩井 宏, 植村益次, 林 徹: 構造強度に関する講演会予稿集, 18 (1989).
- 3) 野口義男: 島津科学計測ジャーナル, 2 (5), 187 (1990).
- 4) 宮野 靖, 高村幸夫, 鈴木 恵, 毛利三知宏: 材料, 40, 192 (1991).
- 5) 筒本隆博, 大橋俊彦, 好満好邦: 広島県立西部工業技術センター研究報告, 31, 72 (1988).
- 6) 野口祐成: 先進複合材料の開発と評価技術, シーエムシー, 東京, 125 (1985).
- 7) 傅 恩波, 見尾田征幸, 高村 巧, 加賀 寿: 日本複合材料学会研究発表講演会予稿集, 39 (1992).