

I-463

衝撃荷重を受ける複合材料積層板のエネルギー吸収機構に関する実験的研究

早大理工土木 正員 依田照彦  
 旭化成工業(株) 梅田雅芳  
 早大理工・院 多田維弘

1. まえがき

複合材料は、高い強度と高い剛性を持ち軽量であるため、航空・宇宙関連分野で多用されている。近年、土木工学分野でもFRPを中心に使用が拡大しつつある。強度や剛性の高いことは薄肉構造物の静的強度を向上させるのに好都合であるが、衝撃荷重を受ける場合にはその高い剛性のため大きな力を少ない変形の間伝えることになり、エネルギー吸収能という観点からは必ずしも有利とは考えられない。そこで、本報告では、衝撃荷重として軸圧縮力を受ける複合材料積層板のエネルギー吸収能力を高めるための基礎的考察とその実験的検証の結果について報告する。

2. エネルギー吸収機構

複合材料積層板のエネルギー吸収能力を高めるために、三層より成る積層板の層間にスリットを意図的に入れ、座屈モードを制御することを考える。このスリットの存在により、圧縮荷重を受けたときの座屈耐力は若干減少するが、座屈モードのコントロールと、座屈後の剛性低下により衝撃荷重に対するエネルギー吸収能力が高められる可能性が期待できる。これまで、複合材料力学の分野ではスリット(層間剥離)が存在することは構造物の耐力能力を下げる要素であったため好ましいとはされていなかったことにも配慮し、ここでは、スリット導入によるエネルギー吸収能力の向上の可能性を調べるための基礎的研究として、静的載荷試験を行ったので、その結果に付いて報告する。

3. 実験用供試体

供試体には、複合材料の中からポリエステル・エーテル・エーテル・ケトン(PEEK)を採用した。この新素材の最も大きな特徴は、優れた耐熱性にある。他の特徴としては、難燃性で、燃えても煙をほとんど出さず、耐薬品性にも優れている。現状では、電気・電子分野、自動車・輸送機器分野、航空・宇宙関連分野などで耐熱材として幅広く用いられている<sup>1)</sup>。今回の実験に用いた積層板は図1に示す矩形板(図中はスリット入りの場合)で、寸法諸元は表1に示すとおりである。ここに、積層板は配向角0°の薄板9層より構成され、スリットを入れる場合には板厚方向を3等分する面内に長さ5cmのものを全幅に図1のように配置した。PEEK材のヤング率は、カタログに与えられていたが、ここでは実測値 $1.56 \times 10^8 \text{ kgf/cm}^2$ を用いた。

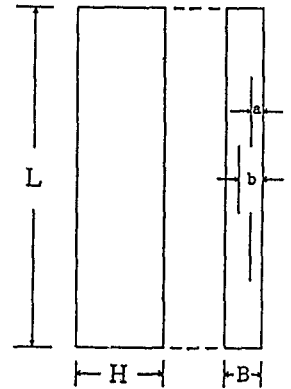


図1 供試体の形状

4. 実験の方法

実験は、上下両端固定(上下両端1cmづつを固定している)で、側面両側は二本の支柱で挟むこと(左右1cmづつのところに支柱を設けている)により単純支持の条件を満足する装置を使用し、アムスラー圧縮試験機を用いて圧縮力を加えて行った(写真1参照)。実験では、荷重を徐々に増加させ、各荷重レベルでの鉛直方向変位とひずみを測定し、最高荷重に達するまで実験を続けた。なお、積層板の初期不整については、計測を行っていない。

表2 供試体の寸法

L	[cm]	27.0000
B	[cm]	0.1125
H	[cm]	7.0000
a	[cm]	0.0375
b	[cm]	0.0750

### 5. 実験結果と考察

スリットのある場合とない場合の荷重-変位曲線を図2に示す。同図には、参考のために複合材料積層板の1/4モデルについてADINAを用いてFEM解析した結果を載せてある<sup>2)</sup>。図2から分かるように、荷重をかけるに従って変位も増加し、ある点から荷重の増分に対する変位の増分が次第に大きくなっていることが分かる。積層板や載荷条件の不整を考慮すれば、この点を座屈が生じた分岐点と考えてよいと思われる。その結果、座屈点に付いて言えば、スリットの無い場合には実験値は解析値に比べてやや高めであり、スリットの無い場合にはやや低めになっている。図3、図4に示すモード図に注目すると、スリットの無い場合には比較的初期の段階から平均的な力の伝達が見られ、座屈モードもその傾向を如実に現しているが、スリットのある場合のモード図を見ると、スリットの存在により荷重の部材への伝達が上端から下端まで一直線には行われず、スリット部で枝分かれしてしまい、スリット部における部材の座屈を容易にさせていることが言える。

現時点では定性的な結論しか述べられないが、複合材料積層板の層間に意図的にスリットを入れることにより、座屈荷重をある程度コントロールでき、座屈後の変形能が高い強度と剛性のため保持できるので、望ましい衝撃エネルギー吸収能力をスリット入りの複合材料積層板に期待できると考えられる。

今後の課題としては、スリットが設けられている供試体を使って圧縮時の変形特性を調べる際により現実的なモデルの考案と、積層板周辺部の補強方法及び層間剥離が生じているかどうかの確認方法の検討が挙げられる。

#### 参考文献

- 1) 鈴木明・松浦保・高宮陽一・前田良平：これだけは知ってほしい新素材・新材料のすべて-第2版、日刊工業新聞社、1989年2月。

- 2) Ando, K, T. Aoki and T. Yoda: Energy Absorbing Laminated Structure with Multiple Delamination, French-Japanese Seminar on Composite Materials, Paris, March 1990.

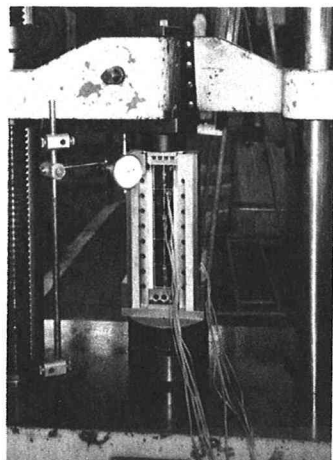


写真1 静的載荷試験装置

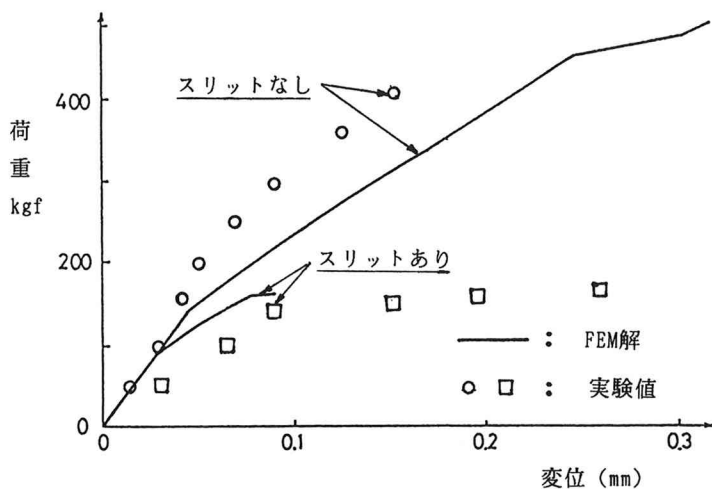


図2 荷重-変位曲線

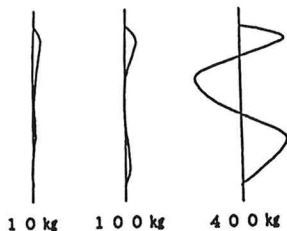


図3 たわみのモード図 (スリットの無い場合)

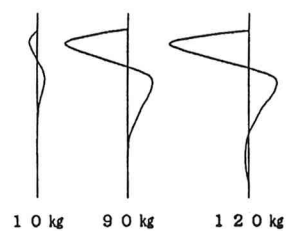


図4 たわみのモード図 (スリットのある場合)