倪　慶清・白井秀明

## 目的別テーマ：新規繊維製品の生産

### 研究テーマ

17-6-22：高層間強度サンドイッチ構造部材の製造技術の開発


### ABSTRACT

*In this research, the main purpose is to obtain the design hints from nature for conquering the weak place of a composite structure, such as weak interlaminar strength. The fore-wing of a beetle was chosen as the object of biomimetics. Based on observation of fore-wing structure, an innovative sandwich structure was created. Then their mechanical property was investigated. According to the DCB test and shear test, it is shown that the proposed sandwich structure has much better interlaminar strength compared with the traditional ones.*


### 研究目的

本研究では自然界の生物から複合材料構造の見本を習い，そこから設計ヒントを得るために，甲虫上翅の複合構造を観察し，甲虫上翅の構造の特徴を取り入れたモデルを作製し，その力学的特性を検討した．特に甲虫上翅におけるサンドイッチ構造をモデルとし，層間強度を高めた新規高層間積層サンドイッチ構造を創製する．軽量化構造部材の層間強化技術を確立するために，いままで本グループで得たバイオバイオミメチックスの知見を生かし，新規の成形技術を考案し，高層間強度の軽量化サンドイッチ構造部材を開発する．特にこれらの新規軽量化部材の製造技術の確立を行う．

### ２年間の研究内容と成果（途中からのテーマ）

● 研究目標

・ 自然界の生物から複合材料構造の見本を習い，そこから設計ヒントを得る．

・ 甲虫上翅の複合構造を観察し，特に甲虫上翅におけるサンドイッチ構造をモデルとし，層間強度を高めた新規高層間積層サンドイッチ構造を創製する．

・ 軽量化構造部材の層間強化技術を調べる．また，新規サンドイッチ構造の力学的の評価体系を確立する．

● 研究内容及び研究範囲

・ 甲虫上翅の複合構造から，新規サンドイッチ構造を提案し，また層間強度を高めた新規高層間強度の積層サンドイッチ構造を創製する．

・ 甲虫上翅の小柱を有している積層構造を模したサンドイッチ構造の試作品に対して，力学的試験評価（3点曲げ試験，DCB試験，せん断試験など）を行い，柱を有しているサンドイッチ構造の力学的特性を明らかにする．

・ サンドイッチ構造における接合形態とパターンを系統に調べ，特に孔を有しないかつ接合が連続である構造を考案し，より実用化に近い構造の開発を検討する．

● 研究成果

・ **試作材の特徴**

試験は3点曲げ試験および双片持ちはり（DCB；Double Cantilever Beam）試験を実施した．各試験においては3種類の試験材a，bおよびcを作製した．各試験材の特徴として，試験材aは甲虫上翅の層間に分布する小柱の構造を模したサンドイッチ構造を有している．小柱には炭素繊維およびエポキシ樹脂を使用した．試験材bは小柱の構造を有するが，層間を持たない構造である．試験材cは小柱の構造および層間の構造を持たないものである．

・ **実験結果**

試験材aの曲げ強さ-たわみ曲線をFig.1に示す．図より試験材aは，曲げ強さが50MPaで小柱の破壊が始まり，曲げ強さが75MPa前後で試験材が破壊された．また，5本すべてが同様の破壊挙動を示し，破壊曲線においてはA，B，Cの三つの領域に分けられ，Cの領域で圧縮破壊が生じた．試験材bは5本すべて曲げ強さ700MPa前後で完全に破壊された．また，5本すべてが同様の破壊挙動を示し，圧縮破壊をしていた．**試験材cでは**，5本の試験材の破壊する位置にばらつきが見られ，試験開始後から中央部がたわみ，層間せん断を含む圧縮破壊が起こるという同様の挙動が観察できた．

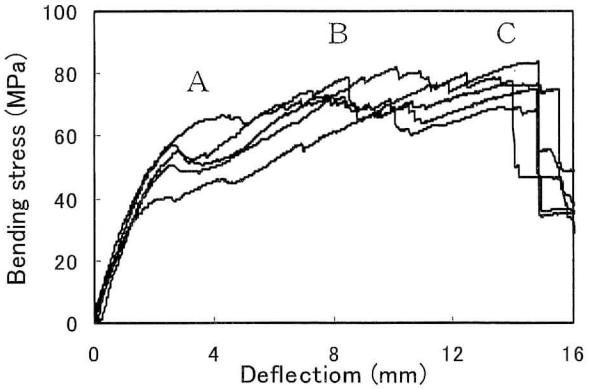


Fig. 1. Bending stress-deflection curve of specimen a.

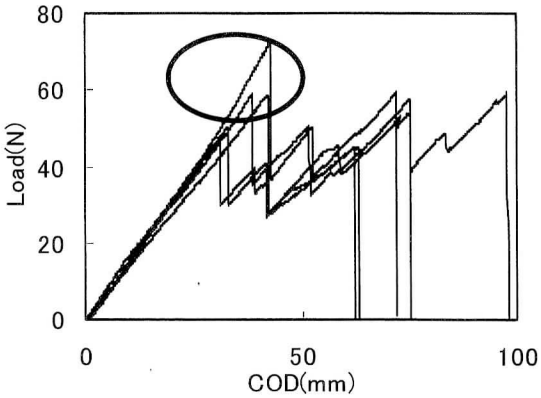


Fig. 2. Load-COD curve for specimen a.

一方，層間剥離のDCB試験では，Fig. 2の試験材aの荷重-COD曲線から分かるように試験材aは黒く囲まれた部分で1列目の小柱構造が破壊した．試験材bは試験材aと同様に小柱構造が破壊するたびに荷重が減少していった．試験材cはCOD増加につれて荷重が減少していった．試験時の観察から，COD増加に比例するようにき裂長さも増加していった．各試験材のき裂進展初期の層間破壊じん性値の結果から，試験材aおよび試験材bの層間破壊じん性値が高いことが分かる．試験時の観察からも，CODが増加してもき裂長さは小柱構造で進展が止まってしまい，逆に短くなってしまった．これは小柱構造を持つためだと考えられる．

・ 結論

試験材aは他の試験材よりもたわみが大きいことが分かった．また，小柱構造を作製することで，表面板であるCFRP板の層間はく離を防ぐことができた．

小柱構造を有することにより，き裂進展初期の層間破壊じん性値が高くなることが分かった．また，層間があることで亀裂の進展を抑えることができた．

以上のことから，甲虫上翅の構造をモデルとした高層間強度積層サンドイッチ構造を作製することが可能であることが示された．