

## 152 衝撃荷重下におけるバルサ材の圧縮大変形

## The Large Compressive Deformation of Balsa under Impact Loading

正 茶谷明義 (金沢大)    正 放生明廣 (金沢大)    正 立矢宏 (金沢大)    ○ 有竹恭大 (金沢大・院)  
 松崎良彦 (金沢大・院)    正 町田隆志 (日立・機械研)    正 平野敦也 (日立・機械研)

## 1. 緒言

先に、緩衝材としても用いられるバルサ材を供試体として、大変形までわたる衝撃圧縮試験法を検討するとともに、同材料の衝撃圧縮特性を明らかにした<sup>(1)</sup>。本研究では、光学顕微鏡を用いて、各圧縮方向におけるバルサ構造の破壊形態を観察し、同材料の微視的な変形挙動と強度の関係を明らかにすることを目的とする。また、比較のため静的および動的荷重下において同様の試験を行う。

## 2. 試験片および試験方法

2.1 試験片 供試材には、バルサの気乾材を用いた。試験片は、一辺が12mmの立方体であり、各面が、板目面(Flat grain face)、柁目面(Edge grain face)、木口面(End grain face)となるように加工されている。なお、木材は比重による影響が大きく、バルサ材も同様のことが考えられるため、本研究では、試験片形状に加工した後、見かけの比重を測定した。

試験片は含水率の変化を避けるため、密閉して冷暗室に保存した。表1に使用したバルサ材の比重および含水率を示す。含水率に関しては、試験片により個体差があるため、表の値は平均値とする。また、年間を通してその変化は微小であったため、本研究では、含水率は一定とした。

Table.1 Moisture and density of specimen

Moisture content (Wt %)	Density (g/cm <sup>3</sup> )
8.4±0.5	0.079~0.296

2.2 試験方法 静的圧縮試験および動的圧縮試験は万能試験機を、衝撃圧縮試験はホプキンソン棒式一軸圧縮試験機を用いて行った。

ひずみの測定は、すべての圧縮試験において非接触変位測定器を用いて行った。また、応力の測定は、静的および動的試験では、万能試験機付属のロードセルを用い、衝撃試験においては、出力棒に貼付したひずみゲージを用いて、2点ゲージ法を適用して応力を測定した。

静的、動的、衝撃試験は、それぞれ約 $1.0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 、 $0.1 \text{ s}^{-1}$ 、 $400 \text{ s}^{-1}$ にひずみ速度を制御して行った。圧縮面は板目面、柁目面、木口面とした。

なお、以上の試験によって、試験片には大きな変形が生じるが、試験片横方向の変形量を正確に測定することは困難であったため、応力-ひずみ関係は公称値を採用した。

## 3. 応力-ひずみ関係

図1に各圧縮方向における衝撃応力-ひずみ関係を示す。ここで、図の周期的な波打ちは試験方法による影響であり、実際の応力-ひずみ関係は波の上部を連ねたものと考えられる。以後、本研究ではこのようにして得られる応力-ひず

み関係の負荷初期における最大値もしくは折れ曲がり点を降伏点とする。なお、本研究では重錘落下型の装置を用いた別の試験方法により、同程度のひずみ速度下での応力-ひずみ関係を加速度計で測定し、以上で説明した試験法の結果とほぼ一致することを確認している。

図1より、板目面圧縮および柁目面圧縮と、木口面圧縮の場合を比較すると、応力-ひずみ関係の傾向が明らかに異なっている。これらの試験結果より、バルサ材の強度に関する異方性が確認される。

なお、静的および動的試験の応力-ひずみ関係の傾向は衝撃試験のそれとほぼ一致する。

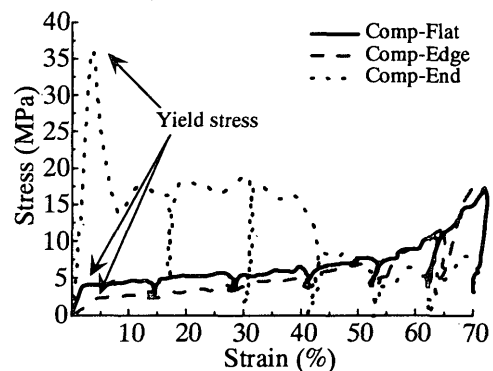


Fig.1 Relationship between strain and stress under impact loading

## 4. バルサ材の構造と破壊形態

図2にEasterlingらによるバルサ材の内部構造モデルの一部を示す<sup>(2)</sup>。バルサ材の木口面は、六角形の穴の集合であるハニカム状構造で、穴は細胞の集合した放射線状に伸びる比較的細長い筋(Ray)によって区切られている。一方、板目面および柁目面は長い六角形状の構造で、これは横方向の細胞壁に区切られており、その細胞壁は不規則に存在している。なお、バルサ材は自然材料であるため、内部の欠陥などにより、その構造に多少違いが生じるが、本研究で用いた材料の構造も基本的には図2と同様だと考えられる。

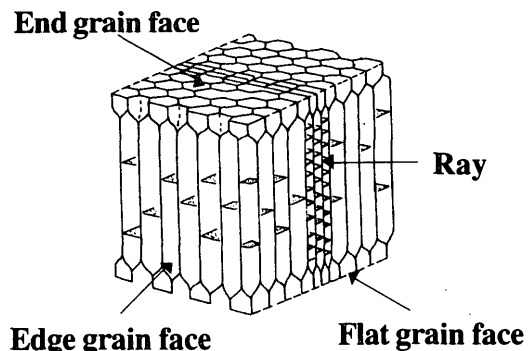
Fig.2 Schema showing inside-structure of balsa<sup>(2)</sup>

図2より、木口面圧縮ではハニカム状構造を軸方向に圧縮する。一方、他の2方向では、ハニカム状構造を横方向に圧縮する。このような、ハニカム状構造の圧縮方向の違いにより、降伏応力値に大きな違いが生じる。

また、各ひずみ速度下において、破壊形態を観察したが、そのうち図3に衝撃荷重下における板目面圧縮下の木口面の観察写真を、図4に静的および衝撃荷重下における柁目面圧縮の場合を示す。

板目面圧縮、柁目面圧縮の場合は、降伏点までの応力-ひずみ関係の傾向が若干異なっている。これは、放射線状に存在する細胞(Ray)の圧縮方向による違いが主な原因であり、柁目面圧縮では、ハニカム状構造が均一に圧縮されるのに対して、板目面圧縮ではRayの弱い部分から圧縮され、均一には圧縮されない。

木口面圧縮の場合、降伏後、ひずみの増加とともに、細胞壁の弱い部分が座屈を起こし、それ以降はひずみの増加とともに細胞壁のいたるところで座屈が生じ、はく離する場合もある。応力-ひずみ関係では、降伏点付近で最初に座屈、あるいはごくわずかにはく離が生じると考えられる。その後、はく離の状態によりその傾向は異なる。

また、いずれの圧縮面においても、ひずみ速度による破壊形態への影響はあまりみられず、ひずみ速度が異なっても、ほぼ同様の破壊形態を示した。

### 5. 結言

本研究では、バルサ材を対象として、衝撃圧縮試験を実施し、各圧縮面において破壊形態を観察した。その結果、バルサ材の強度に関する異方性は、破壊形態の違いにより、静的、衝撃ともに破壊形態は同様であることなどを明らかにした。

### 6. 参考文献

- (1) 茶谷 明義 他, 日本材料学会 第50期学術講演会講演論文集, 433(2001)
- (2) K.E.Easterling, R.Harrysson, L.J.Gibson and M.F.Ashabi, F.R.S., Proc.R.Soc.Lond.A 383 (31-41)

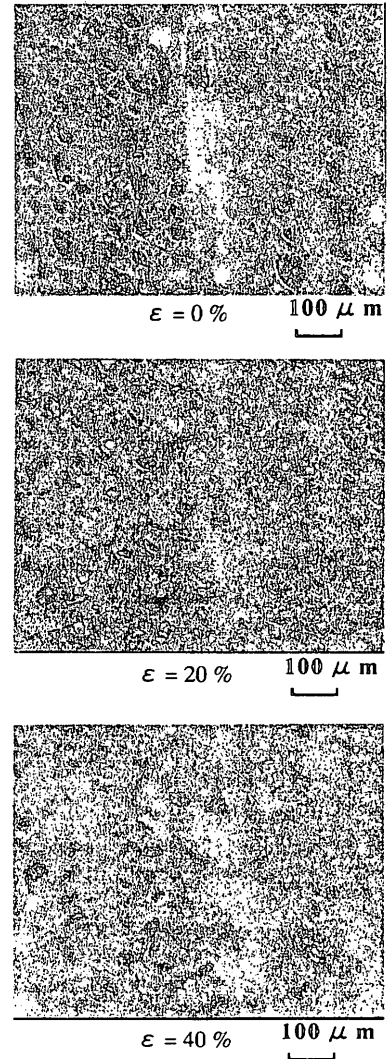


Fig.3 Micrographs of end grain face in comp-flat under impact loading

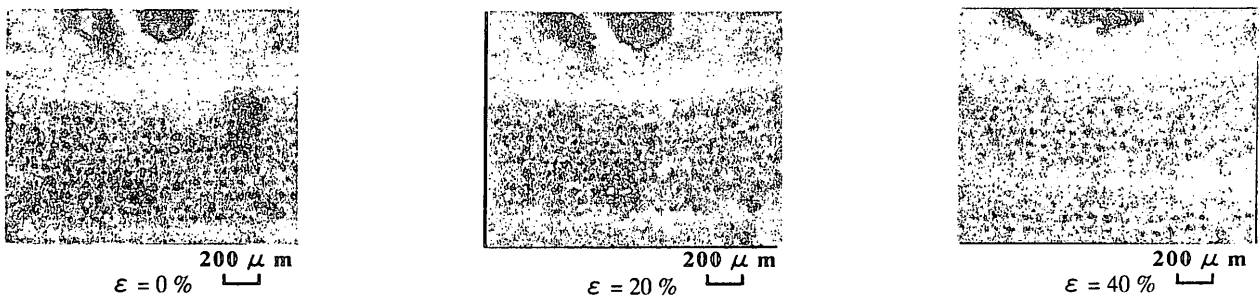


Fig.4-1 Micrographs of end grain face in comp-edge under static loading

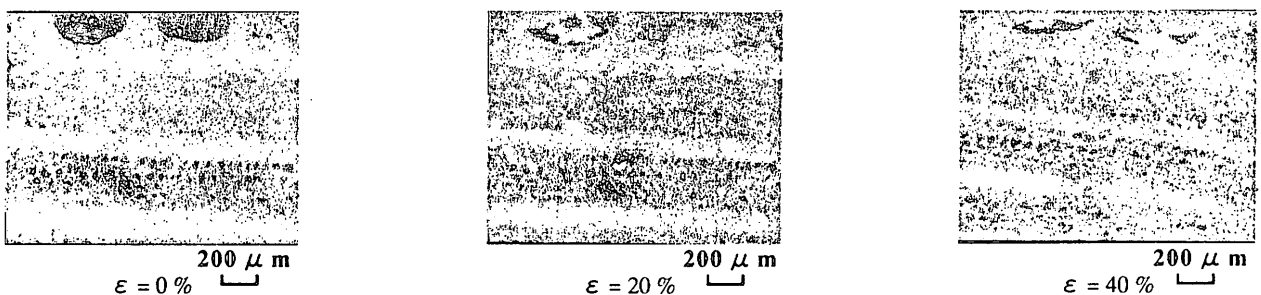


Fig.4-2 Micrographs of end grain face in comp-edge under Impact loading