

産総研 ○相馬奈歩 竹内和敏 小畑良洋 金山公三  
奈良県森林技術セ 中田欣作

## 1 緒言

環境破壊、資源枯渇などの問題に対する意識の高まりから、近年、持続的生産可能な資源の有効利用が数多くなされている。中でも、木材は有望な材料であるが、スギ間伐材に代表されるような軟質小径木は用途が限られており、高強度化を目指し様々な検討が行われている。そのひとつとして、木材を単板にしたものを樹脂含浸処理し、これを積層して LVL を作製するという試みがなされている。

さらに、木質構造物の接合部などの高い強度性能を求められるところへの利用を目指して、樹脂含浸処理に加え木材の圧密処理を同時に行った LVL についても検討されている。このような材料の場合、耐震性能などを評価するという観点から、静的荷重のみでなく動的荷重に対する強度特性を把握することは重要である。特に、破壊過程の把握により、これまでの接合試験では評価できなかった構造安全性の問題解決の可能性が広がる。また、高い強度性能が期待された LVL が今後、例えば木製ガードレールなどといった衝撃荷重を受けるような場合が想定されるような場面へ用途拡大した場合、衝撃特性の把握は重要である。しかし、これまで衝撃特性はほとんど検討されておらず、衝撃破壊挙動の検討もなされていない。

既往の研究で LVL の衝撃特性として、樹種による影響やバットジョイントの位置による影響に関する検討もなされているが、樹脂含浸などの前処理による影響という観点から検討した例はない。最近では圧密化木材の衝撃特性についても検討されている<sup>2)</sup>が、樹脂含浸と圧密の両者が複合的に作用する樹脂含浸 LVL の特性についての検討は、必要であるにも関わらずなされていない。

そこで、本研究では計装化シャルピー式衝撃試験機を用いて、樹脂含浸 LVL の衝撃破壊特性について検討を行った。一般的に木材の衝撃試験をする場合は、衝撃仕事量を振り子の振り上げ角度と戻り角度から算出し、その値から計算した衝撃吸収エネルギー値で評価してきた。一方、計装化シャルピー試験機は、荷重センサが取り付けられているため、試験時の荷重-変位曲線から材料の衝撃挙動が詳細にわかる<sup>3)</sup>。例えば、延性的な破壊を示すか、脆性的な破壊を示すかという情報を得ることができる。このため、打撃の際の衝撃吸収エネルギーのみでなく、打撃から破壊に至るまでの材料特性を把握できる。このため LVL について計装化シャルピーによる衝撃試験を行うことは、今後の材料設計などに非常に有効なデータとなる。以上の観点より検討を行った。

## 2 実験

### 2.1 供試材料

スギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) 丸太の辺材から厚さ 3mm のロータリー単板を準備し、LVL を作製した。その際、フェノール樹脂を含浸した単板を積層し、温度 135°C で元の厚さの約 1/3 まで圧縮した。積層枚数は 17 枚とし、積層方法は外側からそれぞれ 3 枚目と 7 枚目、合計 4 枚のクロスバンドを入れ、ジョイントを含まない。含浸した樹脂は水溶性のフェノール樹脂で、含浸方法は、樹脂含有率(樹脂の固形分の重量/木材の全乾重量)×100) が 41% のものと 36% のもの(これらは加圧含浸)、そして 17% のもの(加圧含浸でなく浸積)と、合計 3 種類を準備した。

これらを L 方向 300mm で、R 方向、T 方向は約 20mm の矩形断面のサイズに切り出し、衝撃試験用試験片とし 3 種類についてそれぞれ 12~13 本ずつ作製した。試験片は、荷重方向と積層面が垂直な場合のフラットワイズ(平使い)と、荷重方向と積層面が平行な場合のエッジワイズ(縦使い)の 2 方向について測定するため、5~7 本をそれぞれに準備し、試験に供した。

### 2.2 衝撃破壊試験

衝撃試験は計装化シャルピー式衝撃試験機((株)米倉製作所製、CHARPAC CI-100CW)を用いた。容量 100J で、衝撃速度 4.63 m/s、スパンは 240mm で行った。衝撃試験に要する時間は短いため、試験中の材の温度変化、含水率変化は無視できると考え、試験は室温、大気中で行った。

試験終了後の置き針の角度から、計装部によって測定された衝撃試験時の荷重-変位曲線からの面積との 2 種類の方法で、衝撃吸収エネルギーを求めた。また、破断後の様子を観察した。

## 3 結果と考察

計装化シャルピー試験機で測定したときの荷重-変位曲線の一例を Fig.1 に示す。樹脂含有率が 17% の場合のフラットワイズ、エッジワイズの波形である。従来、木材の衝撃試験では、振り子の振り上げ角度と戻り角度から衝撃仕事量(JIS エネルギーと称す)を算出し、それより衝撃吸収エネルギーを求めてきた。一方、計装化シャルピー試験機により、計装部で測定された荷重-変位曲線と横軸とを囲む面積(面積エネルギーと称す)から衝撃吸収エネルギーを算出することができる。Fig.2 はそれぞれの方法で算出した衝撃吸収エネルギーの値である。JIS エネルギーの値は面積エネルギーより大きい。特に、フラットワイズの場合のほうが、エッジワイズよりその傾向が顕著であった。これは、JIS エネルギーから求め

た方法より、面積エネルギーより求める方法はハンマー打撃直後の仕事を詳細にとらえることができるため、破壊に要したエネルギーについて、より実際の値に近い測定ができたためであると考えられる。

樹脂の含有率が高いほど、衝撃吸収エネルギーが小さくなる。その傾向は、特にフラットワイズで顕著であった。樹脂含有率が高いほど、空隙部分が減少する。この形状変化に伴い、応力集中係数が大きくなった可能性が考えられる。あるいは樹脂含浸処理により材質変化し、材料自身が脆化した可能性も考えられる。これらについては、今後さらなる検討が必要であり、このような衝撃特性と、その他の強度特性と比較することにより、最適な樹脂の含有率が定まる可能性を示唆する。

樹脂の量が同じであっても打撃面が異なると破壊挙動が異なる。フラットワイズのほうがエッジワイズより衝撃吸収エネルギーが大きい。そして、その値のばらつきの程度は、フラットワイズの方が大きい。また、破断面の様子の違いも特徴的である。Fig.3は試験終了後の写真である。写真はフェノール樹脂の含有率が17%の試験片で、上はフラットワイズで下はエッジワイズで衝撃試験を行った後の様子である。フラットワイズはいくつかの積層が剥離され、破断によって生成した新生面が多い、つまり表面生成エネルギーが大きくなる。試験したすべてのものが、フラットワイズでは剥離し新生面が多いのに対して、エッジワイズでは剥離はなく荷重方向に対してほぼ平行で直線的に、木材の繊維を分断するような形で破壊していた。この様子は、衝撃吸収エネルギーのばらつきの原因の一つであると考えられる。これらのことは、実際に使用する際に、外力が作用する方向と材料の方向との関係を考慮しなければならないことを示唆する結果であるといえる。

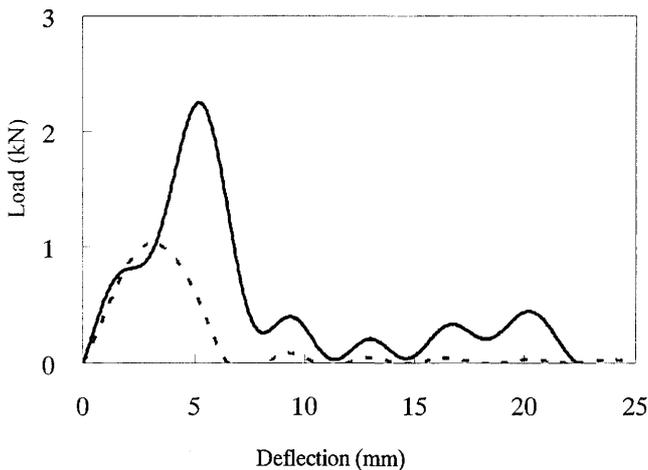


Fig.1. Load-deflection diagram.  
 Legend: — : Flatwise, - - - : Edgewise.  
 Note: Phenol-Resin content : 17%.  
 Conditioned filter : Low Pass Filter.

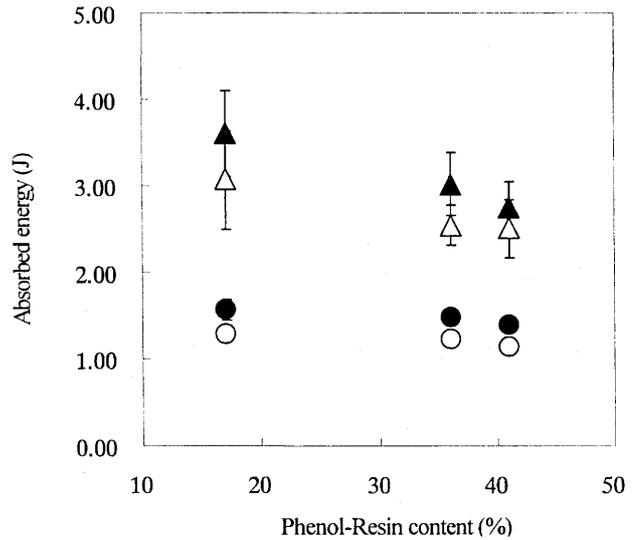


Fig.2. Relationship between Phenol-Resin content and absorbed energy.

Legend: Error bar show standard deviation.

▲: Absorbed energy calculated from JIS energy (Flatwise), △: Absorbed energy calculated from area energy (Flatwise), ●: Absorbed energy calculated from JIS energy (Edgewise), ○: Absorbed energy calculated from area energy (Edgewise)

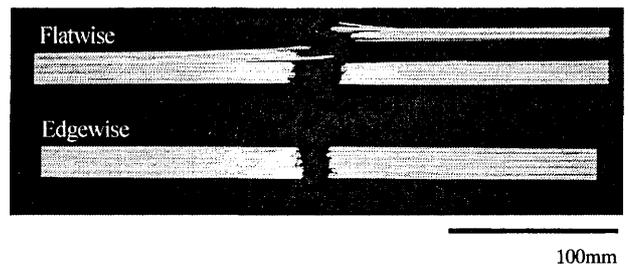


Fig.3. Photographs of Specimen.  
 Note: Phenol-Resin content : 17%.

参考文献

- 1) 林知行, 宮武敦, 木材工業, 46 (4), 171-175 (1991).
- 2) 竹内和敏, 相馬奈歩, 金山公三, 赤枝幸一, 第47回日本学会会議材料研究連合講演会講演論文集, 78-79 (2003).
- 3) 小林俊郎, 材料, 51, 771-779 (2002).