

## 〈資 料〉

木削片と発泡性フェノール樹脂を原料とした軽量体の開発(第4報)  
木削片の軽薄化による軽量体の曲げ強さの向上

増田勝則

Development of Light Insulator formed with Wood Shavings and Foamable Phenol Resin (IV)  
Improvement in bending strength of light insulator with thin and light wood shavings

Katsunori MASUDA

建築物に使用する断熱用パネル材として開発した軽量体の強度性能の向上をめざした。強度性能向上のための方法として、木材の切削片の形状を従来のものより薄くし、単位重量あたりの表面積を増加させることを試みた。その結果、強度性能は曲げ強さにおいて従来の軽量体と比較して1.6倍から4倍向上した。また、曲げ強さの向上によって軽量体の各種性能も向上し、密度0.05 (g/cm<sup>3</sup>)の条件まで成型可能となり、軽量化が達成された。同時に、使用する樹脂量が削減され、樹脂のコストが削減された。

## 1. はじめに

木材の切削片(以下木削片と記す)と発泡性フェノール樹脂(以下樹脂と記す)の複合材料である軽量体は断熱材としての性能に加え、木削片によって発現される高い強度性能、吸放湿性能を有し、燃焼時においても有毒ガスを発生しない。これまでの報告において吸放湿性能<sup>1)</sup>については周囲の湿度変化に対し優れた反応性を有すること、断熱性能<sup>2)</sup>においても他の断熱材料に比較して遜色ない性能を有することが明らかとなった。一方、製造時の木削片と樹脂のかくはん工程において、両者の均一な混合が不完全なため樹脂の発泡が不均一となり、強度性能の低下の一原因となっていた。断熱材料は単体で強度性能に優れるものが少ないため、軽量体の強度性能を向上させることにより、他製品との差別化が期待できる他、さらなる軽量化も可能となる。よって本報では、強度性能向上の方法について検討した。

強度性能向上の方法として、木削片相互の接着が軽量体の強度性能を発揮させる主要因であることに着目し、形状を従来のプレーナ切削によって得られる木削片(以下プレーナ削片と記す)より薄い、超仕上げカンナ盤で切削して得られる木削片(以下超仕上げ削片と記す)を使用し、木削片の単位重量あたりの表面積を増大させることを試みた。本報では、超仕上げ削片を使用する他は従来のプレーナ削片と同様の方法により作製した。また、強度性能向上の評価として曲げ試験を行い、結果を比較

検討した。

## 2. 材料と方法

## 2.1 木削片の作製

供試した超仕上げ削片はあらかじめスギ板目材の板目面に繊維方向4cm、接線方向1cmの幅にのこ目をいれ、これを超仕上げカンナ盤で切削して作製した。得られた超仕上げ削片は、繊維方向にカールし、円筒状の形態を示した。厚さは0.1mm~0.2mmであった。超仕上げ削片の形状を図1に示す。この超仕上げ削片と従来使用していたプレーナ削片を含水率と重量を同じにして同様の容器に充填し、両者の体積(かさ高さ)を充填時の高さで比較すると、超仕上げ削片の体積は、プレーナ削片の体積



図1 超仕上げ削片の形状

の1.2~1.4倍を示した。

## 2.2 配合条件

木削片と樹脂の配合比は重量比で、木削片：樹脂＝5：3、5：2、5：1の3条件（以下5：3、5：2、5：1と略す）、成型後の軽量体の密度を0.15、0.1、0.05（ $\text{g}/\text{cm}^3$ ）の3条件とした。ただし、0.15  $\text{g}/\text{cm}^3$ の条件については、超仕上げ削片の場合、重量あたりの体積が大きいため、配合比5：2と5：1の条件は木削片の量が多量になり、成型用治具への充填が困難となるため、配合比5：3の条件のみとした。よって、設定条件は合計7条件とした（表1）。表1の配合量に従い、前報<sup>3)</sup>と同様の方法で、軽量体を1条件につき3体成型した。成型した1辺31cm、厚さ約5cmの軽量体を試験に供した。成型した軽量体の断面を図2に示す。

表1 木削片と樹脂の配合量（単位：g）

密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	0.05		0.1		0.15	
配合比	木削片：樹脂		木削片：樹脂		木削片：樹脂	
5：3	145	93	291	187	436	282
5：2	166	71	332	139	—	—
5：1	194	41	388	84	—	—

（表中の樹脂量は加熱後の7%の重量減少を補うため、増量した値である）

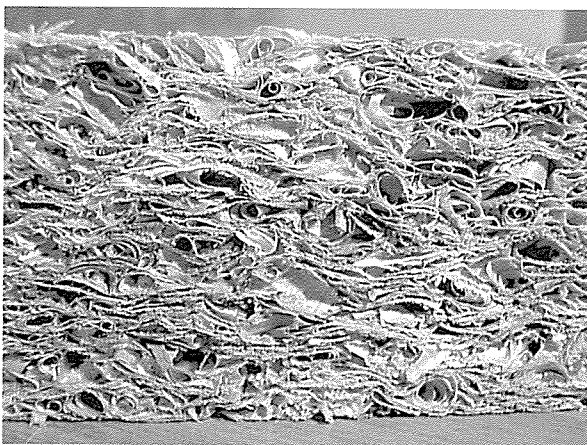


図2 超仕上げ削片で成型した軽量体の断面  
（密度0.1  $\text{g}/\text{cm}^3$ 、木削片：樹脂＝5：1）

## 2.3 曲げ試験の方法

上記の各軽量体から長さ30cm、幅10cmの試験体を2体ずつ採取し、1条件につき6体作製した。その後、試験体を温度20℃、相対湿度65%の恒温恒湿室で約1ヶ月間調湿した後、試験に供した。曲げ試験はJIS A 9511 ポリスチレンフォーム保温材の曲げ試験方法に準拠して行った。試験機はインストロン型強度試験機を使用し、試験

速度は10mm/minで行った。

## 3. 結果と考察

### 3.1 超仕上げ削片で作製した軽量体の曲げ強さ

超仕上げ削片を使用して作製した軽量体の曲げ試験の結果とこれまでに行ったプレーナ削片を使用した軽量体の曲げ試験の結果<sup>3)</sup>を比較して図3に示す。超仕上げ削片軽量体の曲げ強さは、プレーナ削片軽量体の場合と同様、樹脂の配合比および密度の増加とともに上昇した。同じ製造条件で比較すると、超仕上げ削片軽量体の曲げ強さは、密度0.15  $\text{g}/\text{cm}^3$ 、配合比5：3の条件でプレーナ削片軽量体の約1.6倍、密度0.1  $\text{g}/\text{cm}^3$ 、配合比5：3の条件で約3倍、密度0.1  $\text{g}/\text{cm}^3$ 、配合比5：2の条件で約4倍の値を示し、プレーナ削片軽量体の曲げ強さより大きく向上した。これら曲げ性能の向上により、超仕上げ削片軽量体は密度0.15  $\text{g}/\text{cm}^3$ のプレーナ削片軽量体と同等、またはそれ以上の曲げ強さを密度0.1  $\text{g}/\text{cm}^3$ の条件で達成し、従来では不可能であった0.05  $\text{g}/\text{cm}^3$ の密度の条件も成型可能となり、軽量化についても大きく向上した。

軽量体の原材料価格に占める発泡性フェノール樹脂価格の割合は高い。上記に示した内容を単位曲げ強さあたりの樹脂量の視点からみると、密度0.1  $\text{g}/\text{cm}^3$ 、配合比5：3、密度0.1  $\text{g}/\text{cm}^3$ 、配合比5：2の条件の超仕上げ削片軽量体はプレーナ削片軽量体の使用樹脂量のそれぞれ1/3から1/4となり、樹脂のコストも大幅に削減された。

曲げ強さ向上の原因として、木削片相互の接着力の向上が考えられる。すなわち、カールした薄い超仕上げ削片を使用することにより、木削片の単位重量あたりの体

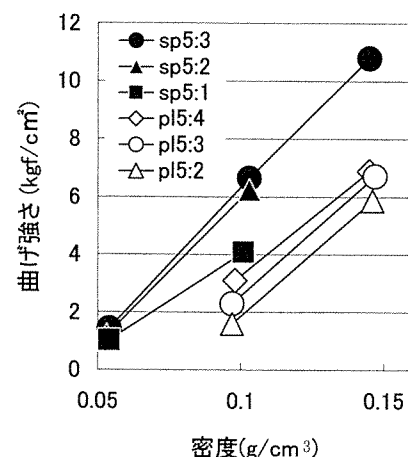


図3 超仕上げ削片軽量体とプレーナ削片軽量体の曲げ強さにおよぼす原料の配合比と密度の影響

（注）spは超仕上げ削片、plはプレーナ削片、5：4、3、2、1、は木削片と樹脂の配合比

表2 超仕上げカンナ盤の木削片を用いた軽量体と他材料の曲げ強さ

材料 (木削片：樹脂)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	曲げ強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	曲げ比強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )/(g/cm <sup>3</sup> )
軽量体 (配合比 5 : 3)	0.15	10.8	74.5
(配合比 5 : 3)	0.1	6.7	64.6
(配合比 5 : 2)	0.1	6.2	60.6
(配合比 5 : 1)	0.1	4.1	40.4
(配合比 5 : 3)	0.05	1.4	26.5
(配合比 5 : 2)	0.05	1.2	22.5
(配合比 5 : 1)	0.05	1.0	18.9
A級インシュレーションボード <sup>4)</sup>	0.35未満	10.2以上	29以上
フェノールフォーム保温板2種2号 <sup>5)</sup>	0.04	3~4	75~100
ポリスチレンフォーム保温板1号 <sup>6)</sup>	0.03以上	4.5以上	150以上
グラスウール <sup>7)</sup>	0.1~0.16	—	—

積 (みかけ上の) が増加し、成型用治具における圧縮割合が増加した。よって、木削片相互の接触形態における面接着の割合が増加し、木削片相互の接着力が向上した。加えて、木削片表面に付着する樹脂の総量が増加し、遊離状態の樹脂量が減少することにより発泡が均一となったことも原因として考えられた。

3.2 他材料との比較

超仕上げ削片軽量体と他の断熱材料の曲げ強さ、ならびに曲げ強さを密度で除した曲げ比強度を表2に示す。表中、密度0.15 (g/cm<sup>3</sup>)、配合比5 : 3の製造条件の軽量体の曲げ強さはインシュレーションボードと同等の値を示し、かつインシュレーションボードの1/2以下の密度で達成されている。密度0.1 (g/cm<sup>3</sup>)と0.15 (g/cm<sup>3</sup>)の超仕上げ削片軽量体は、いずれの条件も曲げ比強度ではインシュレーションボードを上回った。最も一般的な断熱材料の内の一つであるグラスウールと比較すると、断熱性能 (次報で報告予定) はほぼ同じで、密度はグラスウールと同等、0.05 (g/cm<sup>3</sup>)の条件ではグラスウールの1/2の軽さである。グラスウールの曲げ強さは著しく低い。密度0.05 (g/cm<sup>3</sup>)の条件は、フェノールフォームの軽さに近づいた。

4. まとめ

超仕上げカンナ盤による木削片を使用して成型した軽量体の曲げ試験を行った。その結果、超仕上げ削片軽量体の曲げ強さは、同条件のプレーナ削片軽量体と比較して、密度0.15 g/cm<sup>3</sup>、配合比5 : 3の条件で約1.6倍、密度0.1 g/cm<sup>3</sup>、配合比5 : 3の条件で約3倍、密度0.1 g

/cm<sup>3</sup>、配合比5 : 2の条件で約4倍の値を示し、プレーナ削片軽量体の曲げ強さより大きく向上した。これら曲げ性能の向上により、超仕上げ削片軽量体は密度0.15 g/cm<sup>3</sup>のプレーナ削片軽量体と同等またはそれ以上の曲げ強さを密度0.1 g/cm<sup>3</sup>の条件で達成し、従来では不可能であった0.05 g/cm<sup>3</sup>の密度の条件も成型可能となり、軽量化についても大きく向上した。同時に、原材料費に占める割合が高かった樹脂のコストについても、同等の曲げ強さのプレーナ削片軽量体と比較して、樹脂使用量を大きく下げることが可能となった。また、断熱性能 (次報で報告予定) についても従来の軽量体とほぼ同等の性能を示し、断熱性能を低下させることなく強度性能の向上が達成された。一方、これまでのプレーナ削片と比較して、超仕上げカンナ盤による削片を製造するコストが新たに発生するため、コストは再度検討する必要が生じた。

引用文献

- 1) 増田勝則・西雅史：木削片と発泡性フェノール樹脂を原料とした軽量体の開発 (第3報). 奈良県森林技術センター研究報告. 32, 13-19 (2003)
- 2) 増田勝則：木削片と発泡性フェノール樹脂を原料とした軽量体の開発 (第2報). 奈良県森林技術センター研究報告. 32, 77-80 (2003)
- 3) 増田勝則：比重および原料の配合比を変化させた軽量体の圧縮強さと曲げ強さ. 奈良県森林技術センター木材加工資料. 30, 27-31 (2001)
- 4) JIS A5905 繊維板4.2 品質 表15インシュレーション

## ボードの品質

- 5) JIS A9511 発泡プラスチック保温材 3.2 特性 表 6  
フェノールフォーム保温板及び保温筒の特性
- 6) JIS A9511 発泡プラスチック保温材 3.2 特性 表 2  
ビーズ法ポリスチレンフォーム保温板及び保温筒の

## 特性

- 7) 今村祐輔ほか：“4・1・1 木質住宅と温度 1) 熱と木材”. 建築に役立つ木材・木質材料科学. 東京, (株) 東洋書店, 1997, 277.

(2003年12月3日受理)