

〈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2報) 密度および原料の配合比を変化させた軽量体の熱伝導率

増田勝則

木材の切削片と発泡性フェノール樹脂を原料とした軽量体(以下単に軽量体と記す)を、建築物用の断熱材に利用することを目的に、軽量体の成型後の密度(以下単に密度と記す)と原料の配合比が断熱性能に及ぼす影響について検討した。各条件における熱伝導率を測定した結果、軽量体の熱伝導率は、A級インシュレーションボードとほぼ同等の値を示した。軽量体の熱伝導率は、同一の配合比では密度の減少に伴い、同一密度においては発泡性フェノール樹脂の配合比の増加とともに低下した。発泡性フェノール樹脂の配合比増加による熱伝導率低下の効果は、低密度の条件ほど高かった。

1. はじめに

軽量体は木材と発泡性フェノール樹脂の複合材料である。発泡性フェノール樹脂には木材削片に対するバインダー効果、燃焼時の有毒ガスの無発生、木材削片間空隙充填作用による断熱性の向上などを期待している。

前報¹⁾では、軽量体の原料である木材の切削片(以下単に木削片と記す)と、発泡性フェノール樹脂(以下単に樹脂と記す)の配合比および配合量(密度)を各種変化させて作製した軽量体に対し、圧縮試験および曲げ試験を行い、原料の配合比および配合量(密度)が強度性能に与える影響を検討した。その結果、軽量体の強度性能は圧縮、曲げともに、密度が高く、樹脂の配合比が高い条件ほど強くなること、また、強度性能に与える影響は、樹脂の配合比を高めるより、密度を高める効果の方が大きいことなどを明らかにした。

本報では、木削片と樹脂の配合比および密度を種々変化させて作製した軽量体の熱伝導率を測定し、原料の配合比および成型後の密度が軽量体の熱伝導率に与える影響を検討した。また、他の断熱材料の熱伝導率と比較し、断熱性能を検討した。

2. 材料と方法

2.1 配合条件

木削片には木材を切削する際に発生する削り屑を使用した。木削片と樹脂の配合比および配合量(密度)が熱伝導率に与える影響を把握するため、配合比を重量比で木削片：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0.2、0.15、0.1(g/cm³)の3条件で変化させ、それぞれを組み合わせて9条件設定した。実験で用いた樹脂は、加熱時に発泡時の気体発生と吸着水分の蒸発により重量が約7%減少することを

表1 木削片と樹脂の配合条件 (単位：g)

密度(g/cm ³)	0.1		0.15		0.2	
配合比	木削片：樹脂	木削片：樹脂	木削片：樹脂	木削片：樹脂	木削片：樹脂	木削片：樹脂
5 : 3	291	187	436	282	581	375
5 : 2	332	143	498	214	664	286
5 : 1	388	84	581	125	775	167

(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)

考慮し、木削片と樹脂の配合条件を表1に示すように設定した。

表1の配合量に従い、前報¹⁾と同様の方法で、軽量体を1条件につき3枚成型した。成型された1辺31cm、厚さ約5cmの軽量体を実験に供した。

2.2 熱伝導率測定試験の方法

上記の1辺31cm、厚さ約5cmの軽量体から1辺20cm、厚さ約5cmの試験体を1体ずつ採取し、1条件につき3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2ヶ月調湿した後、ASTM C518に準拠した熱流計法1枚法により、熱伝導率の測定を行った。熱伝導率測定装置は英弘精機株式会社製オートΛHC-073を使用した。図1に装置内部と軽量体の装着の様子を示す。実際の測定時には試験体側面からの熱の漏

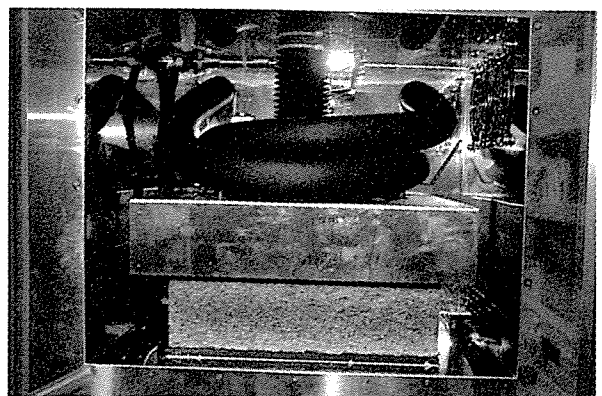


図1 測定装置内部と装置に装着された軽量体

れを防止するため、周囲をポリスチレンフォームで被覆した。

3. 結果と考察

3.1 密度と原料の配合比が軽量体の熱伝導率に及ぼす影響

測定時の各試験体の条件ごとの含水率平均値は表2に示すように、6.2~9.2%であった。熱伝導率測定の結果を図2に示す。設定した条件における軽量体の熱伝導率は0.053~0.070 w/m・Kであった。同じ密度条件で比較すると、樹脂の配合比の増加とともに、軽量体の熱伝導率は低下した。フェノール樹脂フォームの熱伝導率²⁾は木材(スギ)の熱伝導率³⁾に比較して、1/3以下であるため、樹脂の割合が増加することにより、軽量体の熱伝導率が低下したと考えられる。同じ配合比で比較すると、

表2 熱伝導率測定時の条件別試験体含水率

配合比	密度(g/cm ³)	含水率(%)
木削片：樹脂		
5：3	0.2	6.2
5：3	0.15	7.3
5：3	0.1	7.1
5：2	0.2	7.3
5：2	0.15	7.7
5：2	0.1	8.1
5：1	0.2	8.5
5：1	0.15	8.7
5：1	0.1	9.2

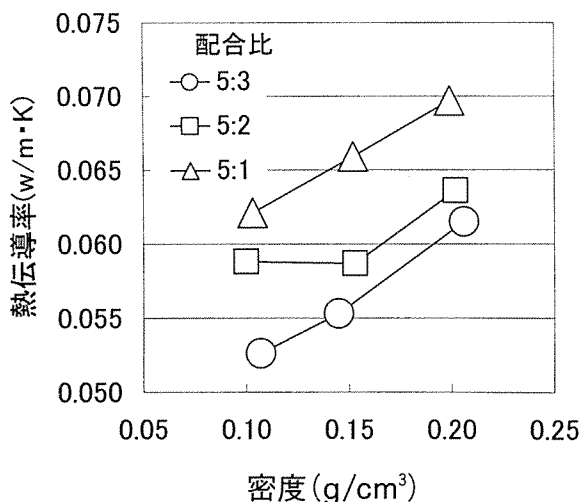


図2 密度と配合比が熱伝導率に及ぼす影響

密度の減少に伴い、軽量体の熱伝導率は低下した。これは他の多くの物質の密度と熱伝導率の関係と同様である。よって、今回の実験で最も断熱性能の高い条件は密度0.1 g/cm³、配合比5:3の条件であった。配合比5:2の条件については、他の配合条件と異なり、密度を0.15 g/cm³から0.1 g/cm³へ低下させても、熱伝導率は低下しなかったが、この原因は明らかでない。

3.2 単位密度当たりの軽量体の熱伝導率

密度を低下させることによる、熱伝導率低下の効果を検討するため、単位密度当たりの熱伝導率を求めた。結果を図3に示す。同じ配合条件において比較すると、密度の低下に伴い、単位密度当たりの熱伝導率は上昇した。密度の低下は、木削片間の空隙を増大させるが、この空隙はいわゆる独立気泡のような密閉空間ではなく、連続した空間であるため、空隙中に空気の対流が発生し、熱を伝達する原因となる。そのため、密度の減少に伴う熱伝導率低下の効果は減少したと考えられる。

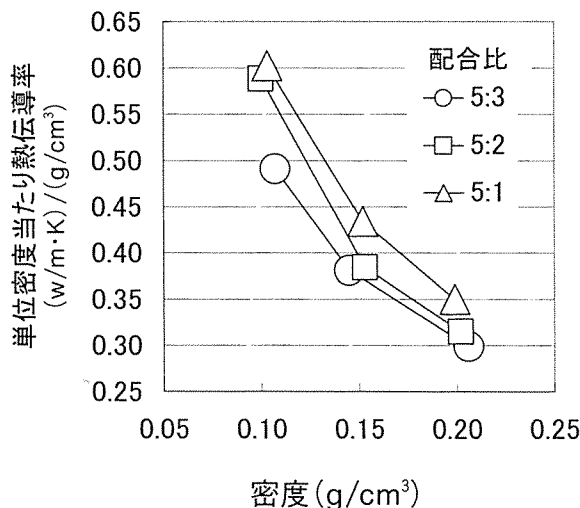


図3 密度変化が単位密度当たり熱伝導率に及ぼす影響

3.3 樹脂100g当たりの軽量体の熱伝導率

軽量体の熱伝導率低下に及ぼす樹脂量増加の効果を明らかにするため、表1に示した樹脂の配合量をもとにして、試験体に含まれる樹脂量から算出した樹脂100g当たりの熱伝導率と、樹脂配合量の関係について検討した。結果を図4に示す。同じ密度条件で見ると、各密度条件とも熱伝導率低下の効果は、配合比を5:1から5:2に増加させた場合に大きく現れ、さらに5:2から5:3に増加させると、効果は減少した。また、樹脂配合量増加の効果は、低密度の条件ほど高く現れた。低密度の条件ほど、多く存在する木削片間の連続した空隙が、フェノールフォームにより充填されていくためと考えられる。

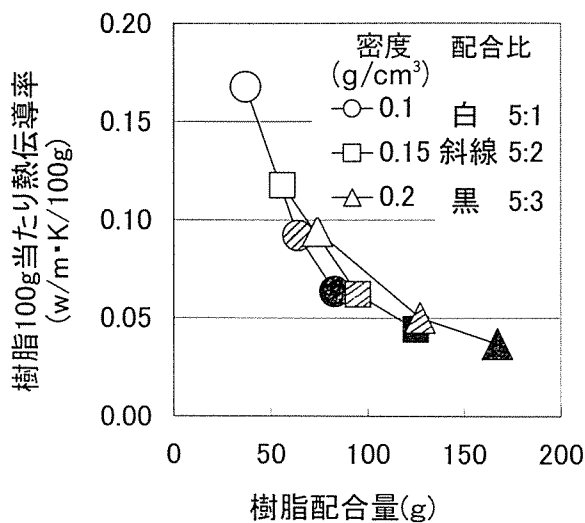


図4 樹脂の配合量が樹脂100g当たり熱伝導率に及ぼす影響

3.4 他材料との比較

軽量体とその他の木質材料および断熱材料の熱伝導率を表3に示す。表中には今回の実験で設定した全9条件の軽量体の熱伝導率を示した。他の材料と比較すると、断熱材としての性能が高いポリスチレンやフェノール等のプラスチックフォームの値には及ばないが、密度0.1g/cm³、配合比5:3の条件で作製された軽量体の熱伝導率はA級インシュレーションボード、グラスウールなどの断熱材料とほぼ同等の値を示した。

4. まとめ

今回設定した製造条件で作製した軽量体の熱伝導率は最高値で0.070 w/m·K、最低値で0.053 w/m·Kを示した。同じ配合比で比較すると、密度の減少に伴い、軽量体の熱伝導率は低下した。同じ密度で比較すると、樹脂の配合比の増加とともに、軽量体の熱伝導率は低下した。密度を減少させることによる、熱伝導率低下の効果は、密度が低くなるにつれ、低下した。密度の減少によって、軽量体中の木削片間の空隙が増加し、空隙中の空気に対流が発生するためと考えられた。樹脂の配合比増加による熱伝導率低下の効果は、低密度の条件ほど高い効果が得られた。この効果は同じ密度条件においては、樹脂の配合量の増加とともに低下した。

軽量体の熱伝導率を他の断熱材料と比較すると、A級インシュレーションボードとほぼ同等の値であった。条件によっては、グラスウールと同等の熱伝導率を示すものもあった。断熱材料の熱伝導率としては0.04~0.06 w/m·Kを示すものが多くを占めるが、今回の実験で設定した製造条件による軽量体の熱伝導率の値は0.07 w/m·K未満の値が多く、今後の実験において0.06 w/m·K未満の値が中心となるよう、製造方法、製造条件等を再検討したい。

軽量体の熱伝導率は、今回の結果から推測して、樹脂の配合比を増加させることによって、さらに断熱性能を高めることが可能である。しかし、樹脂の使用量を増加させることはコスト面で不利であるため、使用目的に合

表3 各種条件で作製された軽量体の熱伝導率と他材料の熱伝導率

材 料(木削片:樹脂)	密度 (g/cm³)	熱伝導率 (w/m·K)
軽量体(配合比5:3)	0.1	0.053
(配合比5:2)	0.1	0.059
(配合比5:1)	0.1	0.062
(配合比5:3)	0.15	0.055
(配合比5:2)	0.15	0.059
(配合比5:1)	0.15	0.066
(配合比5:3)	0.2	0.062
(配合比5:2)	0.2	0.064
(配合比5:1)	0.2	0.070
スギ素材 ³⁾	0.45	0.10
A級インシュレーションボード ⁵⁾	0.35未満	0.058以下
パーティクルボード ³⁾	0.4~0.7	0.15
フェノールフォーム保温板2種2号 ²⁾	0.04以上	0.034以下
ポリスチレンフォーム保温板1号 ⁴⁾	0.03以上	0.036以下
グラスウール保温板 ³⁾	0.1~0.16	0.044~0.051

わせ、強度性能、吸湿性能等とのバランスを考慮する必要がある。今後、可能な限り、樹脂の使用量を増加させずに、これら性能を向上させる方法を検討したい。

謝辞

今回の実験において、測定方法その他に関する助言、ご指導をいただいた独立行政法人森林総合研究所複合化研究室の渋沢龍也主任研究官に謝意を表します。

引用文献

- 1) 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. 木材加工資料. 30, 27-31 (2001)
- 2) 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
- 3) 今村祐嗣ほか：“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.
- 4) 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
- 5) 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

(2002年12月4日受理)