

名大院農 ○山崎真理子, 森達憲, 佐々木康寿

愛知産技研 福田聡史, 柴田美代子, 太田幸伸 愛知県 高須恭夫

Effect of Density of Wooden Low Density Insulation Mat on Its Performance

Mariko YAMASAKI, Tatsunori MORI, Yasutoshi SASAKI,

Satoshi FUKUTA, Miyoko SHIBATA, Yukinobu OHTA, and Yasuo TAKASU

1 緒 言

住宅の高断熱化は、外気象による室内温熱環境の変動を抑え、居住者の望む室内環境を維持するための空調エネルギーを削減する効果がある。石油資源の枯渇、地球温暖化が世界規模で重要な問題となる中、今後の住宅建設・改修では断熱性の確保が必須となる。

現在、断熱材としては、一般にグラスウールや発泡ウレタン・スチレン等が使用されている。しかし、これらは石油由来製品、施工者への有害性、廃棄性などの問題を抱えている。断熱材についても、ライフサイクル的思考に基づき、生産、施工、使用、廃棄の全ての段階において、環境や人間に対してより負荷の少ない建材を開発する必要がある。一方、低環境負荷性材料である木材を考えると、その製材時に排出される鉋屑やプレーナー屑は、現在その多くが廃棄されている。これらは、以前は経験的に断熱材として利用されてきたものであり、近年、上述の環境問題を背景に、再び断熱材の原料として利用しようとする動きがある¹⁾。ただし、現段階では、マット状断熱材として低密度な木質材料自体で成形性や自立性を有するものは開発されていない。

本研究では、鉋屑を主原料とし、木質材料自身で成形性と自立性を有する低密度のマット状断熱・吸音材（以下「マット」とする）を開発している。本報では、その成形方法を述べるとともに、マットを構成する3種類の原料の配合条件とマットのかさ密度が、その成形性（自立性・形状保持性）や熱特性に及ぼす影響を検討する。

2 試験方法

2.1 試料 本研究では、木質材料から極めて低密度なマットを成形する手法として、主原料（エレメント）をカールした薄片状の素材（鉋屑等）をとし、これに重量比数%の芯鞘繊維（PP または PE）端材を混合して固定する方法を開発した。これに、自立性の補強材として、麻、ケナフ等の植物繊維を配合する。これらの固定には接着剤を用いない。試料の鉋屑、ケナフ靱皮繊維（ケナフ）および芯鞘繊維を Fig.1 に示す。鉋屑は、気乾密度 0.35

～0.40g/cm³ のスギ材（*Cryptomeria japonica* D. Don）を用い、自動かんな盤によって作製した。大きさ（粒度）の分級は特に行わず、厚さはその最も厚い部分で約 0.2mm、幅および長さはともに 5～20mm のややカールした薄片状であった。ケナフは、靱皮から荒く開繊された長さ 80mm のものを用いた。芯鞘繊維は、断面が性質の異なる樹脂 2 層で構成されている合成繊維で、本研究では、芯部分が PP、鞘部分が PE の 2 種類の樹脂で構成されている ESC（ES ファイバービジョンズ）を用いた。

2.2 成形方法 3 種類の繊維材料の開繊とそれらの混合には、特性の異なる異種材料が同時に浮遊できるチャンバーを具備したエアブローを用い、全体が概ね均質となるよう混合した。混合した試料は、目標密度となるように重量を調整して成型枠に入れ、140℃で 1 時間加熱した後、室温で放冷し、成型枠から取り出した。

2.3 試験体 本試験では、事前に行った予備試験の結果から、芯鞘繊維の配合割合は重量比 5%とした。試験体の作成条件として、各原料の重量配合比を 4 条件（鉋屑：ケナフ：芯鞘繊維＝95:0:5（Type1）、70:25:5（Type2）、47.5:47.5:5（Type3）、25:70:5（Type4））、また、マットのかさ密度を 3 条件（0.03, 0.05, 0.08g/cm³）で設定した。試験体の寸法は 310×310mm で厚さ 25mm（自立性評価試験については次節のとおり）である。

2.4 自立性評価試験 自立性を評価するために、試験体を片持ち梁様に支持した際の自由たわみを測定した。試験体の寸法は 310×100×28mm とした。試験体の端から長さ方向に 100mm の部分を固定し、残りの 200mm を自由にたわませた。このときのたわみ量を支点から 20mm 間隔でレーザー距離計を用いて測定した。

2.5 形状保持性評価試験 形状保持性は繰り返し自由落下試験により評価した。試験体を地上 7.5m の高さから自然落下させ、崩れずに残った最大部分の重量を測定し、再度落下させた。これを 12 回繰り返した。

2.6 熱伝導率の測定 マットの熱特性として、熱伝導率を測定した。試験体について、原料の配合条件は Type2 のみとし、一方、かさ密度は上述の 3 条件に加えて 0.04, 0.06 g/cm³ の 2 条件を追加した。測定は「JIS A1412-1994 熱絶縁材の熱伝導率及び熱抵抗の測定方法」の平板直接法（試験体を通過する熱流を電力として測定）に準じて行った。試験体を高熱源と低熱源（10℃一定）で挟み、試験体の厚さ方向に対して平行に熱流が通過するよう

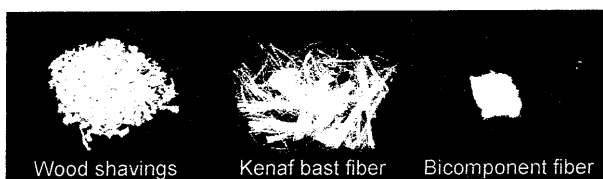


Fig.1 Basic ingredients of wooden insulation

に（鉛直上向き）、試験体側面及び高熱源裏面、低熱源表面を押出ポリスチレンフォームで覆った。熱量の測定には積算電力計（HIOKI 製クランプオンパワーハイテスタ 3166）を用いた。試験体表面及び熱源（高熱板および低熱板）表面の温度は、各面 3 点ずつ JIS T 型熱電対を貼り、温度データロガー（HIOKI 製メモリハイロガー 8422-50）で測定した。熱源温度を 3 段階に変化させ、各段階の定常状態における測定値から熱伝導率を求めた。

3 結果と考察

3.1 成形 本研究で開発したマット状断熱材を Fig.2 に示す。今回の混合手法によって 3 種類の原料繊維は概ね均質に混合することができた。厚さ 100mm を目標に成形したところ、ケナフを含まない配合条件（Type1）では密度 $0.05 \sim 0.08 \text{ g/cm}^3$ の成形が可能であった。ケナフを含んだ条件（Type2）では、より薄くかつ低密度で成形することができた。

3.2 自立性 自立性を評価するために、試験体を片持ち梁様に支持し、その際のたわみ量を測定した。結果を Fig.3 に示す。図示するように、いずれの試験条件においても試験体はほとんどたわまず、大変高い自立性が認められた。特に、ケナフの配合量が多いほど、また密度が大きいほど、よりたわみにくい傾向を示した。

3.3 形状保持性 繰り返し落下試験の結果、試験体に破壊や割れはあまり生じず、本マットの形状保持性は良好といえる（図略）。詳細に見ると、わずかな重量変化の過程において、原料の配合条件による違いは見られなかったが、いずれの配合比の場合も高密度試験体は若干崩

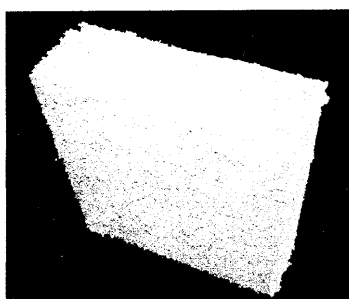


Fig.2 Wooden insulation mat

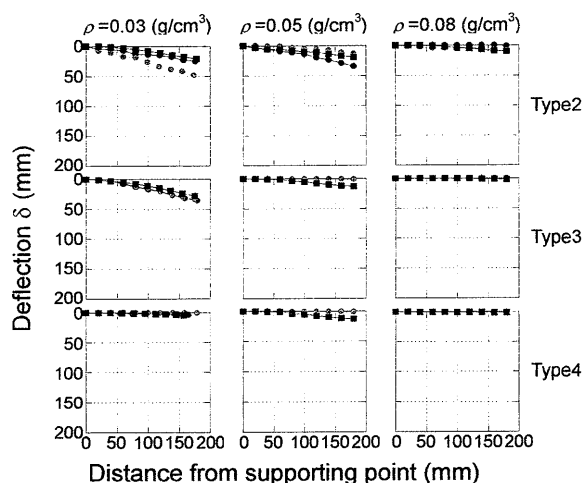


Fig.3 Deflection of wooden mat as cantilever beam

れ易く、密度の影響がわずかながら見受けられた。

3.4 熱伝導率 Fig.4 に試験体（Type2）のかさ密度と熱伝導率の関係を示す。図示するように、本マットはグラスウールと同等の断熱性を有し、高密度試験体でより低い熱伝導性を示した。これは、密度が小さすぎると内部空隙に連続性が生じ、空気の対流による熱移動が起きてしまうが、ある程度のかさ密度があれば内部空隙の独立性が保たれ、対流による熱移動が抑制されるためである。ただし、密度が大きくなりすぎれば、熱は匏屑を伝導して移動するようになり、その熱伝導率は大きくなる。すなわち、本マット（Type2）では、密度 0.08 g/cm^3 あるいはこれより若干大きい密度で熱伝導率の極小値が得られると考えられる。なお、今回の成形方法では、 0.08 g/cm^3 より大きい密度のマットは作成できなかった。

本報では配合条件 Type2 の結果を示したが、材料の熱特性は内部空隙の連続性によって変化するため、他の配合条件の場合には異なる熱特性を示す可能性もある。すなわち、マットとしての最適密度は原料の配合条件によって変動すると考えられ、成形性、自立性、形状保持性など総合的な分析の下、断熱材としての本マットの最適密度や原料配合条件を検討する必要がある。

4 結論

芯鞘繊維を固定繊維とすることで、匏屑を主原料とした低密度木質断熱材を開発することができた。本断熱材は、配合比や密度の如何によらず、高い自立性と形状保持性を有することが確認された。補強材として加えたケナフ繊維は、厚みの調整や自立性に対して有効であった。

本断熱材の熱特性を調べた結果、匏屑が多い配合条件では、密度が大きいほど熱伝導率が小さくなり、密度 0.08 g/cm^3 の熱伝導率は $0.034 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ であった。これはグラスウールと同等の性能である。

参考文献

- たとえば、関野 登、河村義大：残廃材を原料とした建築用バインダレス小片断熱パネル，木材工業，58(8)，364(2003)。
- 倉淵 隆：初学者の建築講座 建築環境工学，市ヶ谷出版社(2006)。
- Jiaying XU, Guangping HAN, E.D. WONG and Shuichi KAWAI: Development of binderless particleboard from kenaf core using steam-injection pressing, Journal of Wood Science, 49(4), 327(2004)

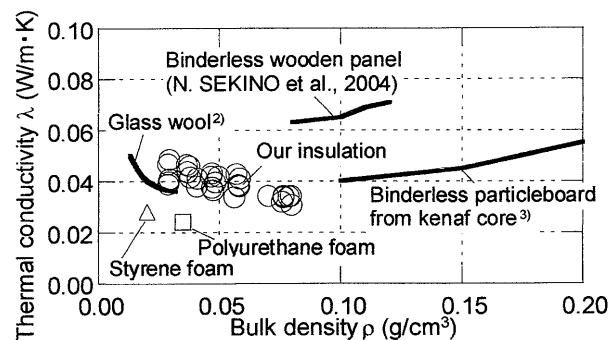


Fig.4 Relationships between density and thermal conductivity