

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580224

研究課題名(和文) 波形単板を用いた新規な木質ハニカム構造体の開発

研究課題名(英文) Development of a new wooden honeycomb material using corrugated veneer

研究代表者

小幡谷 英一(OBATAYA, EIICHI)

筑波大学・生命環境系・准教授

研究者番号：10312810

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：単板(薄くスライスした木材の板)を段ボール状に加工し、コアに用いることで、木材100%からなる新規な木質軽量パネル「波形単板コアパネル」を開発した。このパネルの圧縮強度は従来の紙ハニカムコアの5倍以上に達した。波型の形状や大きさを変えることによってパネルの圧縮特性を幅広く制御することが可能であった。一方、軽量パネルの曲げ剛性を左右するせん断弾性率については、段ボール型、ハニカム型いずれのコアも紙ハニカムと同程度であった。所定の曲げ剛性を達成するための厚さと最小重量を計算したところ、段ボール型単板コアを用いたものが最も軽いパネルを作れることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：We have developed a new lightweight wood-based panel, Corrugated Veneer-Cored (CVC) panel. The compressive strength of the CVC panel was 5 times greater than that of conventional paper honeycomb-cored panel, and its density and mechanical properties could be varied by appropriate designing of shape and size of corrugated honeycomb. The shear rigidity of the CVC panel was comparable to that of conventional paper honeycomb-cored panel.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・木質科学

キーワード：木質材料 段ボール 軽量パネル

1. 研究開始当初の背景

軽量化と単純化は、材料開発における重要な課題である。材料を軽量化することで、輸送時や利用時のエネルギーコストを低減できる。また、できるだけ単一の原料を使うことで、使用後の再生利用が容易になる。軽量化や単純化が求められているという点では、木質材料も例外ではない。

私たちの身の回りには、様々な木質材料が用いられている。中でも、軽く、比曲げ剛性の高い木質軽量パネルは、住宅の壁や天井、床、家具の平面部分などに幅広く利用されている。木質軽量パネルの多くは、軽量のコアを合板等の木質パネルで挟んだ、いわゆるサンドイッチパネルである。サンドイッチパネルの最大の特徴である高い比曲げ剛性は、表板の材質とそれらの間隔によって決まる。ただ、集中荷重等によって局部的にコアが圧壊すると、表板間の間隔が狭くなり、その部分の曲げ剛性が極端に低下する。このような欠点を改善するためには、軽量で圧縮強度の高いコア材料が求められる。また、使用後の再生利用を容易にするためには、木材のみでコアを作るのが望ましい。

2. 研究の目的

本研究では、薄い単板を波形に加工することにより、従来のコア材料（発泡樹脂や紙ハニカム）をはるかに凌ぐ高強度のコア材料を開発することを目指した。波形単板コアと合板等の木質パネルを組み合わせれば、木材のみからなる軽量パネルを作ることができる。このパネルは、異種材を複合したパネルと異なり、再生利用する際に分別の必要がない。また、単板の形状を工夫することにより、木材繊維方向の強さをパネル厚さ方向の強さに生かすことができる。

波形単板コアパネルは音響材料としても魅力的である。木材は、比曲げ剛性が高いだけでなく、樹脂や紙に比べて損失が小さい。波形単板をコアに用いることで、音響変換効率の高い軽量の木質響板を作れる可能性がある。

木材をスライスして作られる単板は、通常、平面もしくは緩い曲面を構成する材料として使われている。しかし本研究は、単板を使って緻密な（曲率半径 10mm 以下）の曲面を作ろうとするものであり、損傷を最少限に抑えるための熱可塑性技術など、解決すべき技術的課題は多い。しかし、単板を波形に加工すること自体、世界的にも例がないことから、その製造に関わる基礎的知見を蓄積することは、日本の木材工業の発展に大きく寄与すると期待される。

3. 研究の方法

(1) 波形単板コアパネルの作製

シトカスプルス材をスライスして厚さ 0.3~0.8mm の単板を作製した。単板を温水に浸漬して軟化させ、それをはしご状の金型に

入れて乾燥し、波型に成形した。得られた波型単板の両面に合板等を貼付してパネルを作製した。

(2) 波型単板コアの圧縮試験

単板の厚さや波のピッチが異なる波型単板コアパネルについて、厚さ方向の圧縮試験を行った。

(3) 波型単板コアパネルの曲げ試験

単板の厚さや波のピッチが異なる波型単板コアパネルについて、静的曲げ試験を行い、曲げヤング率、曲げ強度およびせん断弾性率を測定した。

(4) 波型単板コアパネルの振動試験

波型単板コアをシトカスプルス無垢材で挟んだパネルについて、両端自由たわみ振動法を用いた振動試験を行い、動的ヤング率および損失正接を測定した。

(5) 波型単板のロールプレス成型

ロールプレスを用いた単板の連続成形を試みた。湿潤した単板を金型と共にロールプレスに挿入し、排出された単板を金型と共に乾燥することで、波型単板を作製した。

(6) 波型単板を用いた家具の試作

作製した各種の波型単板を用い、各種の軽量家具を試作した。

4. 研究成果

薄い木材の板（単板）を段ボール状に加工した「波形単板」を、軽量パネルのコアに用いて、従来にはない優れた力学性能を有する新しい木質軽量パネルを開発した。得られた結果は以下のように要約される。

(1) 波型単板コアの圧縮特性

段ボール状に加工した「段ボール型単板コア」は、パネル厚さ方向の圧縮に対して従来の紙ハニカムコアと同程度かそれ以上の強度を示した。単板の繊維方向をパネルの厚さ方向に向けた「ハニカム型単板コア」の場合、圧縮強度が紙ハニカムコアの 5 倍以上に達した。波形単板コアは、厚さ方向の圧縮強度に優れた軽量コアである。

波を緻密にするか、あるいは単板を厚くすることで、圧縮強度が増加したが、波の曲率を大きくしすぎると、単板に微細な破壊が生じるため、圧縮強度が相対的に低くなった。薄い単板を積層することにより、比圧縮強度が向上したが、積層の際に欠陥を生じないように、圧縮方法を工夫する必要がある。

ハニカム型単板コアは、従来の紙ハニカムコアと同様、降伏点以降で急激に応力が低下したが、段ボール型コアの場合、降伏点を越えた後も大きな応力が維持された。

ハニカム型コアの場合、コアを厚くするとセル壁が座屈しやすくなり、圧縮強度が低下

した。逆にコアを薄くした場合、コアが座屈することなく表板にめり込み、表板が表面から圧壊した。八ニカム型単板コアの圧縮強度を活かすためには、圧縮強度の高い表板と組み合わせる必要がある。

(2) 波型単板コアパネルの曲げ剛性

サンドイッチパネルの曲げ剛性を大きく左右するのはコアのせん断弾性率である。段ボール型単板コアのせん断弾性率は、紙八ニカムのそれと同程度かやや低かった。また、八ニカム型単板コアのせん断弾性率は、紙八ニカムと同程度であった。波型単板コアのせん断弾性率が圧縮強度ほど高くないのは、単板自体のせん断弾性率が低いためである。現実的な厚さの表板を想定し、所定の曲げ剛性を達成するための(表板、コアの)厚さと最小重量を計算したところ、段ボール型単板コアを用いたパネルが最も軽く、次いで八ニカム型単板コアパネル、紙八ニカムコアパネルの順であった。

(3) 波型単板コアパネルの振動特性

表板にシトカスプルースの薄板を用いた波型単板コアパネルは、シトカスプルースの無垢材より高い比動的ヤング率を示した。段ボール型単板コアを用いた場合、無垢材よりも高い内部摩擦を示したが、八ニカム型単板コアおよび紙八ニカムを用いたパネルの内部摩擦は無垢材と同程度であった。結果的に、八ニカム型コアを用いたパネルは、無垢材よりも高い音響変換効率を示した。

(4) 波型単板コアパネルの応用

波型単板コアパネルを用いることで、従来よりもはるかに軽い家具を作れるだけでなく、ユニークな波形の切り口を活かして、従来の木質パネルにはない新たな意匠性を生み出すことができる。



図1 八ニカム型単板を用いた小椅子

図1に、八ニカム型単板コアを用いた椅子の外観を示す。八ニカム型単板コアは、八ニカム軸方向の圧縮強度が非常に高いため、厚さ方向の強度が求められる部材に適している。



図2 カラー波形単板コアパネル

成型時に単板を染色した「カラー波形単板コアパネル」を図2に示す。段ボール型コアに特徴的な波形の切り口を活かすことで、意匠のバリエーションを拡げることができる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計5件)

- 1) SIM Teck Ceng, 三戸部健, HU YanZhe, 阿部眞理, 白石照美, 小幡谷英一: 波形単板コアパネルによる軽量家具のデザイン. 第60回日本デザイン学会研究発表大会概要集(CD-ROM), 8A-06 (2013年6月21~23日, つくば)
- 2) N.Shibanuma, E.Obataya and H.Yamauchi: Mechanical properties of corrugated veneer-cored panel. Proceedings of 2012 IUFRO (International Union of Forest Research Organizations) conference, Division 5 (Forest products), p.227 (2012年7月8~13日, リスボン, ポルトガル)
- 3) 三戸部健, 阿部眞理, 白石照美, 柴沼菜穂, 小幡谷英一: 波形単板コアパネルの開発と家具への適用~波形単板コアパネルの成形方法と機械的強度~. 第59回日本デザイン学会研究発表大会概要集(CD-ROM), 9-16 (2012年6月22~24日, 札幌)
- 4) 柴沼菜穂, 小幡谷英一, 山内秀文: 波形単板コアパネルのせん断剛性. 第62回日本木材学会大会研究発表要旨集(CD-ROM), I15-P-AM10 (2012年3月15日, 札幌)
- 5) 柴沼菜穂, 小幡谷英一, 山内秀文: 波形単板コアパネルの圧縮特性(II) 波の形状が圧縮特性に与える影響. 第61回日本木材学会大会研究発表要旨集

(CD-ROM), I18-05-1000 (2011年3月18日, 京都)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小幡谷 英一 (OBATAYA, Eiichi)
筑波大学・生命環境系・准教授
研究者番号: 10312810

(2) 研究分担者

山内 秀文 (YAMAUCHI, Hidefumi)
秋田県立大学・木材高度加工研究所・准教授
研究者番号: 90279513