

2層積層ハニカムサンドイッチパネルの 曲げ特性に関する研究

武蔵工業大学

○小林志好 武蔵工業大学

大塚 年久

武蔵工業大学

田村 宏 武蔵工業大学[学]

中島 裕之

1 緒 言

容積比率が97～99%の蜂の巣状のコアの下に平板(以下、表面板と称する。)を貼り付けたハニカムサンドイッチパネル(以下、パネルと称する。)は、表面板で曲げ応力を、コアで圧縮応力あるいはせん断応力を主として支持する。

したがって、表面板を中立軸から遠方配置することによって、パネルの曲げ剛性は高くなり、曲げ強度の向上につながる。しかし、コア高さの増加に伴い、細長比が大きくなると、コアの座屈が容易になる。それゆえ、コア高さには制限がある。したがって、表面板を厚くするか、あるいはコアを積層したものが実用に供されている。前者は、曲げ剛性が著しく上昇する。後者は、曲げ剛性の上昇が前者ほどでないにしても、コアの座屈による優れたエネルギー吸収特性を示す。

現在、コアの座屈による優れたエネルギー吸収特性、すなわち緩衝効果から、単層パネルがコンテナ等の床材に使用されている。この用途でより高強度なパネルが必要な場合には、積層パネルによる代用が検討される。しかし、積層パネルの研究は、康井らによって、全面圧縮衝撃試験が実施され、コアの座屈強度およびエネルギー吸収特性に関して調べられている程度である¹⁾。

本研究では、設計における基礎的実験データの構築という観点から、積層パネルの3点曲げ試験を実施し、基礎的な曲げ特性に関して調べるとともに、単層パネルの特性との比較を行った。

2 実験方法

2.1 試験片 Table I に試験片の構成材料を示すように、表面板とコア材にはアルミニウム A1100 を用いた。表面板と積層パネルの場合には1層目と2層目のコアの間に挟んだ平板(以下、中板と称する。)それぞれの厚さは、0.3mm とした。また、コアは尾張り式にて製作し、そのセルサイズを8.7mm、セル壁(シングルウォール部)厚さを0.05mm とした。

試験片の外形寸法は200mm×60mm とした。試験片のコアの総高さは20mm とし、1層目と2層目のコア高さを、Table II に示すように決定した。ここで、試験片Aは比較材としての単層パネルである。なお、コアのダブルウォール部は、試験片長手方向に平行に配置した。

Table I Constituent materials of specimen.

Plate	A1100
	Thickness:t=0.3mm
Core	A1100
	Thickness:t=0.05mm
Adhesive sheet	Made by NewPort (NB-102)

Table II Core height.

	A	B	C	D
First layer	20	5	10	15
Second layer	—	15	10	5

2.2 実験方法 3点曲げ試験は、スパンを150mm、載荷点と両端支持部の圧子半径を10mm とし、変位速度を1mm/min で実施した。なお、試験中におけるパネルの変形特性を調べるため、試験片上下の変位を測定するとともに、中板の変位(以下、中変位と称す。)もあわせて測定した。

3 実験結果および考察

3.1 3点曲げ試験結果 Fig.1 に、3点曲げ試験結果の一例として、試験片AとCを用いて得られた荷重-変位曲線をそれぞれ示す。図より、単層パネルに関しては、上下の変位間に差が認められる。また、積層パネルに関しても、上中と中下の変位間に差が認められる。これらの変位差はコアの座屈量である。そこで、Fig.2 に、積層パネルの荷重と1層目と2層目のコアそれぞれの座屈量の関係を示す。

まず、Fig.1 より、荷重と変位の関係について説明する。その際に、上・中変位にはコアの座屈量が含まれているので、ここでは下変位に着目した。両試験片ともに、全ての曲線において、負荷初期段階より直線的に変化する線形領域が存在した。また、ピーク(以下、1次ピークと称する。)をとった後、荷重は徐々に低下した。しかし、積層パネルに関しては、再び荷重が線形的に上昇し始め、第2のピーク(以下、2次ピークと称する。)をとり、その後、荷重は徐々に低下した。

次に、Fig.2 に示した積層パネルのコアの座屈現象から、積層パネルに1次と2次ピークが現れた理由を説明する。図より、1層目のコアは、1次ピーク到達まで線形的に変化し、1次ピーク到達時に降伏座屈することが分かった。その後、コアの降伏に伴い、荷重は徐々に低下した。また、この時点まで、2層目のコアには座屈が認められなかった。そして、2層目のコアに座屈現象が認められるようになると、荷重が再び上昇し始め、2層目のコアの降伏座屈を伴い、2次ピークが現れた。したがって、1層目と2層目のコアが降伏座屈したことにより、1次と2次ピークが現れたと言える。

以上の説明から、積層パネルの変形特性が分かったので、以下に積層パネルの曲げ強度特性を表すパラメータとして、曲げ剛性と曲げ強度に関して考察していく。ただし、前述したように、コアの座屈がパネルの曲げ変形に大きく影響を及ぼしているため、曲げ剛性EIを用いるのは不適切である。そこで、荷重と下変位の関係から、1次、2次ピーク到達前の直線関係を示す領域の勾配をそれぞれ、1次、2次変形抵

抗と定義し、考察に用いた。また、曲げ強度に関しては、1層目と2層目のコアの降伏座屈時に2つのピークが現れたことから、1次、2次ピークに関して考察することとした。

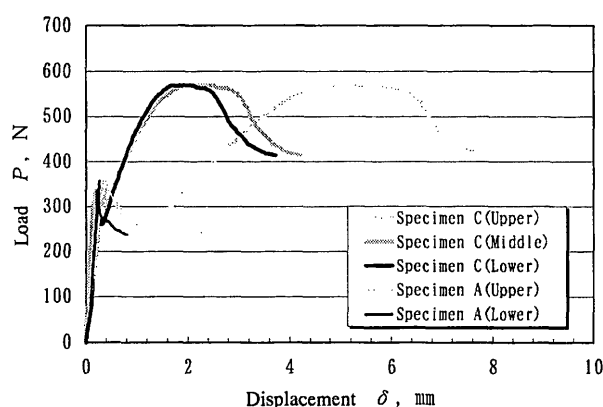


Fig.1 Load-displacement curves.

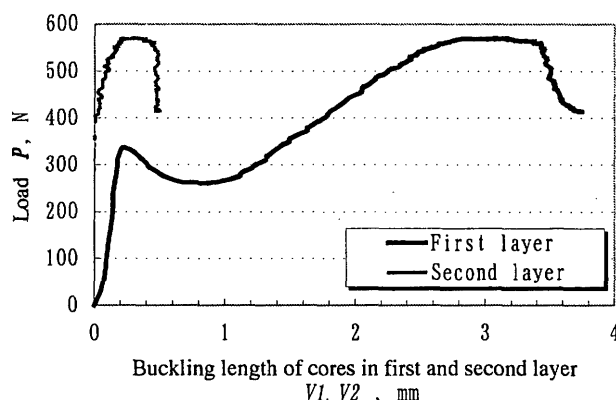


Fig.2 Load-Buckling length curves.

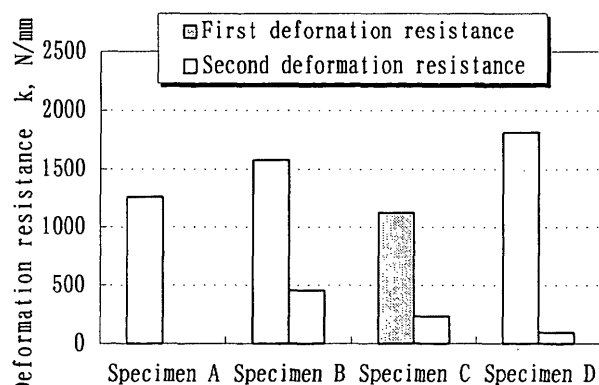


Fig.3 First and second resistances.

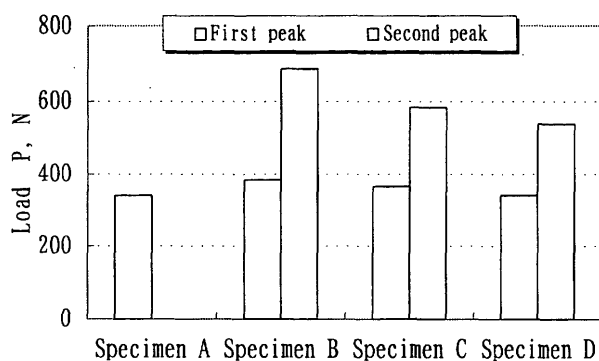


Fig.4 First and second peaks.

3.2 変形抵抗に及ぼすコア高さの影響 Fig3に、全ての試験片の1次、2次変形抵抗を棒グラフにして示す。1次変形抵抗は、試験片AとCがほぼ同程度の値を示した。また、試験片BとDの1次変形抵抗は、試験片Aのものより高く、試験片Dのほうが試験片Bより高かった。このようになった理由は、コアより曲げ剛性の高い中板の配置位置から説明できる。すなわち、試験片の曲げ剛性は、中板が中立軸から遠方配置されるほど高くなり、中立軸上に配置されても変化しないためである。また、試験片の下変位から変形抵抗を求めたため、中板が中立軸より下側に配置された試験片Dのほうが試験片Bより1次変形抵抗が大きくなったのである。

2次変形抵抗は、1次変形抵抗と比べて著しく小さくなるとともに、試験片Bの値が最大となり、試験片Dが最小となった。これらのことは、中板の影響が含まれるものの、試験片の高さから説明できる。すなわち、1層目のコアの降伏座屈が生じたことにより、試験片の高さが20mmから2層目のコア高さにまで低下するためである。

3.3 ピークに及ぼすコア高さの影響 Fig4に、全ての試験片の1次、2次ピークを棒グラフにして示す。1次ピークは、全ての試験片でほぼ同程度の値を示した。このことより、1次ピークには、コアの総高さが大きく影響を及ぼしていると考えられる。

2次ピークは、全ての試験片において、1次ピークより高くなることが分かった。このことは、1次ピーク後に2層目のコアの降伏座屈が生じることと中板の配置による曲げ強度の向上により起こったと考えられる。また、2次ピークは、試験片Bの値が最大、試験片Dの値が最小となり、2層目のコア高さが高いほど、すなわち、2次変形抵抗が高いほど2次ピークが高くなることが分かった。

4 結 言

積層パネルの3点曲げ試験を実施し、基本的な曲げ特性に関して調べるとともに、単層パネルの特性との比較を行った結果から、以下に述べる知見が得られた。

- 1) 積層パネルは、1層目のコアが降伏座屈した後、2層目のコアが座屈し始めた。
- 2) 積層パネルの1層目と2層目のコアが降伏座屈する時に、荷重-変位曲線においてそれぞれピークが現れた。
- 3) 積層パネルの1次変形抵抗は、中板が中立軸から遠方配置されることにより、単層パネルより高くなった。
- 4) 積層パネルの1次ピークは、単層パネルのそれと同程度の値を示した。このことより、1次ピークにはコアの総高さが大きく影響を及ぼしていることが分かった。
- 5) 積層パネルの2次ピークは、1次ピークより高かった。このことは、1次ピーク後に生じる2層目のコアの降伏座屈と中板の配置により起こった。また、2層目のコア高さが高いほど、2次ピークが高くなった。

参考文献

- 1) 康井義明, 粕谷平和, 森山裕幸, 國本隆, 馬場武明, 奥戸行一郎, 日本機械学会論文集 (A編), **61**, 1979 (1995).