236 ハニカムサンドイッチパネルの衝撃特性に関する研究

Study on the Impact Property of the Honeycomb Sandwich Panel

○ 渡辺 正憲 (武蔵工大院), 正大塚年久 (武蔵工大)
正田村宏 (武蔵工大), 正小林志好 (武蔵工大)

Masanori WATANABE, Toshihisa OHTSUKA,
Hiroshi TAMURA and Yukiyo KOBAYASHI
Musashi Institute of Technology
1-28-1 Tamazutsumi, Setagaya-ku, Tokyo

In order to study the impact properties of the honeycomb sandwich panel (hereafter, HSP for brevity), current drop weight impact tests were carried out using 4 kinds of panels at several drop heights. Where, cores were used an aramid and its core heights were 22.5mm and 6.3mm. Surface boards of HSP were used the aluminum alloy (A1100P) and the fiber reinforced plastic (hereafter, FRP for brevity). Based on observed deceleration waves of the weight after the impact between the weight and the flat plate, absorption energies were calculated. When the energy absorption abilities were compared, HSP with flat plates of the aluminum alloy was superior to that with FRP. This was attributed to the fracture forms at impact applied point.

Key Words: Honeycomb Panel, Drop Weight Impact Test, Impact Property, Energy Absorption Characteristics

1. 緒 言

ハニカムサンドイッチパネル (以下HSP と称する) は、軽量かつ高強度という点で航空機等の内外装で多用され、吸音性という点で壁や床等の住宅材として注目されている。また、その他にもスポーツ用品の分野においても幅広く使用されている。

HSP は、六角柱を蜂の巣状に並べたコア材の上下面を平板で接着し一つのパネルとしたものである。したがって、コア材と表面板の組合せやその接着方法により、使用用途に応じた理想的な性能をもつパネルを作る事ができる。しかし、複合構造であるために複雑な力学的特性を示し、構成因子により特性が異なる。そのため、それを解明する事は重要な課題の一つである。

力学特性に関する研究では、HSP の静的特性や、上述のような各構成因子が及ぼす影響について解析されている。しかし、衝撃特性についての研究例は非常に少ない。そこで本研究では、HSP の衝撃特性に着目し、移動体を利用した場合の異物衝突による衝撃負荷時や、重量物衝撃時の理想的な衝撃緩衝装置として用いる場合を想定し、その利用範囲を広げるための衝撃特性に関する基礎研究を行うことにした。

2. 試験片

本研究では、セルサイズ 2.8mm で二種類のコア高さを持つアラミドハニカムに二種類の表面板を組合せることにより、四種類のハニカムパネルを作成した。アルミ表面板の接着はエポキシ系接着シート、FRP 表面板は平織ガラスプリプレグを二層に積層したものを用いた。両者共、張り合せた後に炉に入れ、130℃で 180min 加熱成形し、完全に接着した。試験片寸法を Fig.1、構成材料を Table.1 に示す。

Fig.1 Specimen

Table.1 Constituent materials and sizes of test piece

Constituent Material	Material	Size [mm]	
Core	Aramid	Cell size	2.8
		Core height: h_1	6.3
			22.5
Surface board	Aluminum A1100P	Thickness: h_2	0.3
	FRP	Thickness: h_2	0.3
Adhesive	Made by NewPort NB-101		

3. 落 錘 試 験

ハニカム構造体の衝撃特性に関する実験では、HSP やコアだけの試験片を単層や積層して全面に衝撃負荷を加える全面圧縮試験と、異物に見立てた飛翔体を衝突させるインパクト試験がある。本研究では、周辺固定の HSP に錘を自由落下させることにより衝撃負荷を加える落錘試験法を用いた。錘の形状は JIS K 7211 (硬質プラスチックの落錘衝撃試験方法通則) を参照し、約 2.1kg とした。錘に加速度ピックアップを取り付け、減加速度を測定し、試験片に衝突する直前の速度は速度センサーにより測定した。衝撃負荷は落下高さにより制御し、試験片の中央に負荷が加わるように実験を行った。測定した減加速度波形の最大減加速度を比較することによりエネルギー吸収特性を調べた。

ハニカムサンドイッチパネルの衝撃特性に関する研究

4. 実験結果及び考察

4-1. 減加速度波形

Fig.3 に落錐試験における減加速度を測定した一例を示す。図は、アルミ表面板コア高さ 22.5mm の試験片で衝突速度が 4.36m/s のものである。このグラフにおける原点が衝突開始点であり、最大減加速度が小さい方がエネルギー吸収特性に優れていることになる。

Fig.3 Typical deceleration curve of HSP with aluminum surface board of core height 22.5 mm (4.36 m/s)

4-2. 動的特性線図

減加速度線図を時間で二階積分して求めた変位と、減加速度に錘の質量をかけて求めた荷重との関係を動的特性線図として求めた。その結果を Fig.4 に示す。グラフで囲まれた面積が、試験片が吸収したエネルギーであり、この面積が広いほど吸収したエネルギーが大きいことを表す。

Fig.4 Dynamic characteristic curve aluminum surface board which has core height 22.5 mm (4.36 m/s)

4-3. エネルギー吸収特性

Fig.5 に、動的特性線図で求めた吸収エネルギーと衝突速度の関係を示す。図には、衝突前に錘が持つ運動エネルギーが衝突速度より求められるので併せて示す。衝突前の運動エネルギーと試験片が吸収したエネルギーの差がないほどエネルギー吸収に優れているということである。図より、コア高さに関係なく表面板が FRP よりアルミの方がエネルギーを吸収することがわかる。このことは、衝撃荷重が加わったときの試験片自身の変形によるエネルギー吸収により説明できる。すなわち、アルミ表面板が大きく変形し、さらにコア部においてもエネルギーを吸収するのに対し、FRP 表面板は剛性が高いために変形しにくい。そのため変形させようとする力がコア部まで及ばない。その結果として、HSP はエネルギーをほとんど吸収せず、錘に力が跳ね返ることになる。このことは Fig.6 に示す最大減加速度と速度の関係より、FRP 表面板の方がアルミ表面板の場合より減加速度が大きいことからわかる。

Fig.5 Relationship between velocity of weight and energy absorption

Fig.6 Relationship between velocity of weight and maximum deceleration

また Fig.5 において FRP 表面板の方がアルミ表面板より同じ速度域（特に高速度域）における吸収エネルギーが多少ばらついていることがわかる。このことは以下のように考えられる。アルミ表面板は、塑性変形域で多くのエネルギーを吸収するが、FRP 表面板は塑性変形域がほとんどなく弾性変形域から一気に破断に至ってしまう。そのため、不安定な破壊が生じていることが容易に想像でき、このことがばらつきを生じさせたと考えられる。一方、Fig.6 においてアルミ表面板の方は高速度域で最大減加速度にばらつきがあることがわかる。これは、アルミ表面板は変形しやすく、破断に至りやすいので高速度域で生じるコアの底づき現象のためである。

5. 結 言

ハニカムサンドイッチパネルの衝撃特性を調べた結果、以下に示す知見が得られた。

- ① アルミ表面板の方が FRP 表面板の場合より衝撃エネルギーをより多く吸収することができる。
- ② FRP 表面板とアルミ表面板では、衝撃エネルギーの吸収形態が異なるため、予想される衝突速度や緩衝材としての求める性能を考慮して使用が必要がある。

参考文献

- 1) 康井他, 機論, A61-589, (1995), 1979-1985
- 2) 小笠原他, 機論, A63-608, (1997), 774-779
- 3) 福永, 武蔵工業大学修士論文, (1999)
- 4) 宮入裕夫著, サンドイッチ構造の基礎, 日刊工業新聞社