

アイソグリッド CFRP 円筒殻の一体成形技術の開発

日大生産工(院) ○荻野 智彦

日大生産工 邊 吾一

1. 緒言

アイソグリッド構造とは、三角形の格子状の補強材と表板から構成されており、軽量化と強度が要求されるロケット胴体など、主に航空宇宙分野に用いられている軽量薄肉構造である。例えばロケット燃料タンクの場合、厚板の AL 合金から正三角形の格子状補強材を残して、薄板になるまで削り出しをした平板を、円弧形状に曲げ、それらを溶接して円筒殻が形成されている。

金属の場合、溶接などによる接合が必要となるが、FRP の場合、一体成形することによって継手部をなくすことができ、接合部での強度低下を防ぐことが可能となる。そこで本研究では、比強度・比剛性に優れた炭素繊維強化プラスチック (Carbon Fiber Reinforced Plastics, CFRP) を用いて、アイソグリッド補強円筒殻の一体成形技術の開発を目的とする。

2. 成形方法

2.1 型の製作

アイソグリッド円筒殻を成形するための金型を Fig.1 に示す。金型の寸法は、縦 193mm、横 314mm である。金型にはアイソグリッドの格子状に溝が彫ってあり、その寸法は幅 2mm、深さ 3mm である。

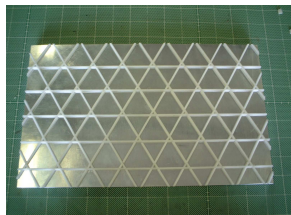


Fig.1 Aluminum Isogrid Mold

また、金型の水平方向(円筒殻ではフープ方向)の溝を少しずらして、オフセット部を設けた。補強材となるフープ方向と 2 本の斜め方向(円筒殻ではヘリカル方向)の繊維が交差する部分は、他より多く繊維が積層されるため、厚みが増してしまい応力集中の原因となる。そこで補強材が交差する点をオフセットさせることで、補強材の厚みが増すことを防ぐ¹⁾²⁾。

この金型をオス型にするために、メス型の溝と同じ幅のプラスチック板を溝にはめ込みオス型を製作する。このオス型にシリコンを流し、アイソグリッドパターンを持つメス型を製作する。

2.2 成形

シリコンの型を固定させたマンドレルを Fig.2 に示す。マンドレルは直径 90mm のアルミパイプで、型の両側にはガイドピンを設けた。ガイドピンは、マンドレルの内側からネジを入れ、周方向に等間隔に並べたもので、成形時に繊維をガイドするために使用する。

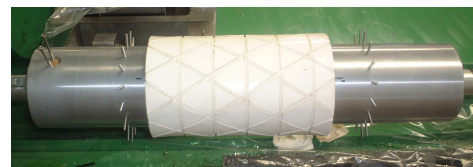


Fig.2 Mandrel Covered with Silicon Rubber Mold

アイソグリッド円筒殻は FW(Filament Winding)装置を用いて成形する。成形には一方向炭素繊維トウプレグ(三菱レイヨン(株)製)を使用した。この繊維はあらかじめ樹脂

Development of Integral Molding for Isogrid CFRP Cylindrical shell

○Tomohiro OGINO , Goichi BEN

が含浸されている繊維で、特にドライ成形と呼ばれる成形法に用いられる。

まず始めにアイソグリッド円筒殻の補強材となる部分を成形する。補強材はヘリカル方向とフープ方向から構成されており、これらの溝に繊維を交互に積層をしていき、補強材を成形する。型の溝は、ヘリカル方向を6プライ、フープ方向を5プライしたとき繊維で満たされた。

補強材が成形されたら、次に表板を成形する。表板は型の上から補強材と一緒に巻いていき、円筒の軸方向に対して配向角 86° で1プライした(Fig.3)。

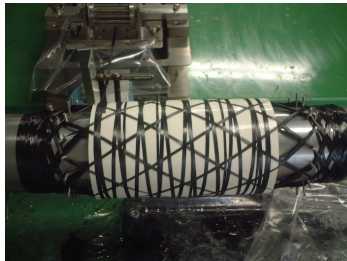


Fig.3 Filament Winding of Isogrid Cylinder

補強材と表板が巻き終わったら、回転硬化炉で 130°C 、1時間で硬化させ、脱型する。脱型はまず、マンドレルに設けたガイドピンを取り外し、マンドレルから硬化した円筒殻を脱型する。最後に円筒殻の内側からシリコン型を取り外す。脱型した成形品を Fig.4 に、成形品の寸法を Table.1 に示す。



Fig.4 Half Section of Cured Isogrid Cylinder

Table.1 Dimension of Isogrid Stiffened Cylinder

Cylinder	Length (mm)	190
Skin	Diameter (mm)	105
	Thickness (mm)	0.6
Stiffener	Width (mm)	3
	Thickness (mm)	2.8

3. 考察

補強材が交差する部分は、オフセットさせたことによって補強材の厚みに大きな差はみられなかった。

シリコン型をマンドレルに固定する際に、継ぎ目ができてしまい成形後の円筒部にしわができてしまった。また、継ぎ目部のずれにより補強材にもねじれが見られた(Fig.5)。今後は、シリコン型の継ぎ目部の固定を正確に行ない、また成型の作業効率を上げる。



Fig.5 Interior of Isogrid Stiffened Cylinder

4. 結言

FW装置を用いることで、アイソグリッド補強円筒殻を一体で成形することができた。

今後は、アイソグリッド補強CFRP円筒殻の圧縮試験を行ない、補強効果を確認する。また、汎用有限要素法プログラムANSYSを用いた解析も行い、実験と比較、検討を行なう。

参考文献

- 1) Thomas D. Kim, ‘Fabrication and testing of composite isogrid stiffened cylinder’, Composite Structure 45, (1999), 1-6
- 2) Thomas D. Kim, ‘Fabrication and testing of composite isogrid stiffened Panel’, Composite Structure 49, (2000), 21-25