

3D プリントを用いたハニカムパネルの剛性評価

環境構造工学講座 11708 大竹 壯弥
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

ハニカム構造とは正六角形または正六角柱を隙間なく並べた構造である。ハニカム構造を上下を板でサンドしたハニカムパネルは建築・建設材料として利用されている代表的な例である。この構造は少ない材料で高強度が得られるため、航空機の内装・外装、人工衛星、建築材料などといった様々な分野で利用されている。こうしたハニカムパネルを土木・建設構造で多用される曲げ材料として見たときに、橋桁などの曲げ部材として一般的に用いられる格子パネルと比べて、ハニカムパネル構造の曲げ部材としての適用性について考察する。しかし、有限要素法は力学的な知識や経験が必要で万能ツールというわけではない。そこで有限要素法でシミュレーションを行うのだが、力学的な知識や経験が必要で条件に影響されやすい有限要素法によって得られる解は必ずしも正しいとは限らない。そこで、昨年度の研究¹⁾では有限要素法に加えて3Dプリンタを用いて実体モデルを作成し、実際に試験を行うことで有限要素法ではわかりづらい部分を明らかにし、解析精度の向上に繋がる可能性があるかどうかを考察した。しかし、昨年度使った3Dプリンタの材料はクリープが大きく材料として不安定であったため、試験の信用性が低かった。本年度の研究では昨年度使った Fullcure720 より強度が高く安定している RGD525 を材料として使い実験し、信用性を検証する。

2. 解析方法

有限要素解析はオープンソース CAE ソフトウェア Caliculix を使い、6 節点三角形シェル要素で解析する。また、ハニカムパネルと比較するための正方格子モデルは材料質量が同じになるように体積を同じになるように設計する。材料は秋田大学のものづくりセンターにある 3D プリント EDEN 260V

で利用できる高耐熱性マテリアル RGD525 という樹脂である。

(1) ハニカムパネル

ハニカムパネルはハニカムセルを組み合わせで作成する。ハニカムセルは正六角形の上底から下底までの長さをセルサイズとする。解析モデルはセルサイズ $\sqrt{3}\text{cm}$ とし、 x 方向 $3\text{cm} \times$ ハニカムセル 3 個、 y 方向 $\sqrt{3}\text{cm} \times$ ハニカムセル 5 個、 z 方向 1cm の寸法とする。解析モデルはスパン 120mm 、実験モデルは解析モデルの倍のスパンで作成する。

(2) 正方格子パネル

材料質量を同じにするため、プリポストプロセッサの salome から出力されたファイルより体積を求めるプログラムを使い、ほぼ同体積の正方格子パネルを作成する。ハニカムパネルの体積は 23860mm^3 なので、これに合わせて正方形の格子パネルを作成する。

3. 3D プリントの検証と試験

(1) 材料の検証

材料の特性とヤング率を確認するため、引張試験と曲げ試験を行う。引張試験は図-1 のような引張供試体に重りを載せたフックを釣り下げ、30 秒ごとに载荷していく。この引張試験で FullCure720 と RGD525 の変位を比較し、特性を調べる。曲げ試験では図-2 のようにスパン 120mm 、幅 10mm 、厚さ 5mm の直方体の試験体に 5 分おきに载荷し载荷地点より 5mm 離れた地点の変位を測定する。30 分後の 5mm 地点の変位から RGD525 のヤング率を求める。

(2) 試験方法

3D プリントで印刷したハニカムパネルと正方格子パネルの二種類のモデルを用いて図-3 のように 3 点曲げ試験を行う。500gf の棒状の重りを載せ、端部から 60mm の点の変位を 5 分毎に 30 分間測定



図-1 引張試験体



図-2 曲げ試験体



図-3 3点曲げ試験

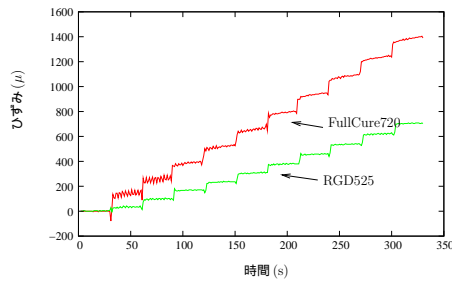


図-4 引張試験結果

し、その後除荷して5分毎に30分間変位を測定する。今回は後述する材料特性を考慮し、載荷後30分の変位をたわみとした。得られた結果から曲げ剛性 EI を算出する。

4. 結果

(1) 材料特性

引張試験での変位のグラフを図4に示す。Fullcure720とのグラフと比べて、載荷直後の変位の変動が小さいことから、RGD525はクリープが小さい安定した素材である。また、曲げ試験での変位を図5に示す。図2に示す曲げ試験体の長方形断面の長辺を桁高にして載荷した場合を「強軸」、短辺を桁高にして載荷した場合を「弱軸」で示す。強軸載荷のヤング率は3.27GPaと求められる。また、強軸方向載荷と弱軸方向載荷とで変位に大きく差が出たことから、この材料は異方性があることがわかった。

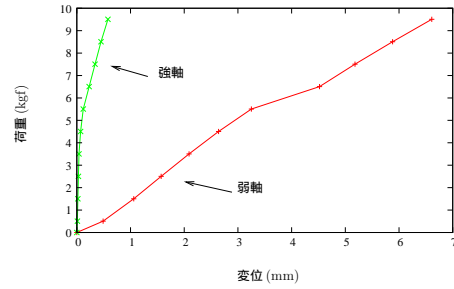


図-5 曲げ試験結果

表-1 パネルのたわみ (Fullcure720)

	ハニカム	正方格子
FEM	4.24mm	1.04mm
実験	7.21mm	1.29mm

表-2 パネルのたわみ (RGD525)

	ハニカム	正方格子
FEM	4.67mm	0.18mm
実験	4.14mm	1.00mm

(2) パネルの3点曲げ試験

有限要素解析(FEM)と3点曲げ試験による Full-Cure720 と RGD525 のハニカムパネルと正方格子パネルのたわみを表1と表2に示す。FullCure720ではクリープが大きいいため、ハニカム格子の解析値と実験値が大きく開いているが、RGD525では解析値に近い値になった。逆に正方格子の方は実験値が解析値より大きく離れた値になった。これはハニカム格子と正方格子の印刷方法が異なっていたため、影響が出たと思われる。

5. 考察

今回の解析結果から、RGD525はFullCure720よりもクリープが小さく比較的安定した素材であり、昨年度よりも正確な値を得られる可能性が出てきた。しかし、印刷方法の違いやモデルが印刷方向に依存する異方性素材であることが結果に影響をもたらすこともわかった。今後は2種類ある印刷方法による実験結果の違いや印刷される層の向きのパターンによる強度の変化を確認する必要がある。

参考文献

- 1) 吹附 茜: ハニカムパネルの剛性評価と3Dプリンタの可能性, 平成25年度秋田大学卒業論文, 2014.