

## アディティブマニュファクチャリングにより製作したセルベース構造物の 造形条件が振動特性に与える影響

明治大学 理工学部 機械情報工学科 ○西江 翔吾 明治大学 理工学部 機械情報工学科 ◎館野 寿丈

### 要旨

アディティブマニュファクチャリング(AM)における造形条件が強度に与える影響に着目した研究は広く行われているが、振動に関する研究はあまり行われていない。そこで本研究では、AMによる積層方向とセル構造のサイズに着目し、造形条件が異なる片持ち梁による振動実験を行った。それぞれの造形条件の違いが振動特性に与える影響について評価し、特徴を抽出した。

### 1. 序論

AM(Additive Manufacturing)は、薄い材料の層を重ねていき 3次元の形状を作成するが、層内部と層同士では材料の接着状態が異なる。これにより、造形物に異方性が生まれる。その他、AMの種類、造形時間、造形物のサイズなど、各種造形条件も造形物の機械的特性に影響を与える。これらに着目した強度に関する研究<sup>[1]</sup>は広く行われるようになってきている。しかし、振動に関する研究はあまり行われていない。

また近年、高精度のAMの登場により、従来の加工技術では困難とされてきた複雑な格子状のセルベース構造物の製作が可能となり、構造によって生み出される機械的特性に注目が集まっている。

そこで本研究では、AMによる積層方向とセルサイズに着目し、造形条件が異なる片持ち梁による振動実験を行う。それぞれの造形条件の違いが振動特性に与える影響について評価し、特徴を抽出することを目的とする。

### 2. 実験に使用する AM 造形物

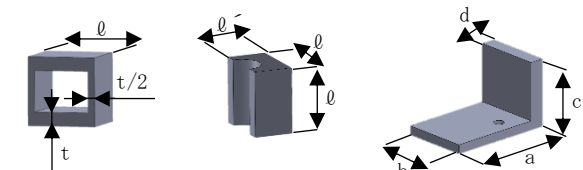
図1(a)に示す正方形のセルを1列に5ユニット繋げ、先端に図1(b)のおもり取り付け部を加えた長さ  $5\ell + \ell'$  の梁部分に、図1(c)の部品を接続した片持ち梁のモデルを3D-CADにより作成する。それをAMで造形し、実験対象とする。今回使用するAMは、熱溶解積層方式(FDM: Fused Deposition Modeling)のDreamer(FLASHFORGE社製)である。片持ち梁の材料にはABS樹脂を用いる。またサポート材料については、除去を容易にするため、リモネンという溶剤で溶かすことが可能なHIPS(耐衝撃性ポリスチレン)を用いる。

片持ち梁の造形は、図2に示すように全4方向で行う。梁の長手方向に積層したものをVERTICAL(VER)、梁の断面の2軸方向に積層したものをそれぞれFLAT(FLT)、HORIZONTAL(HRZ)とする。そ

して、FLTとVERの中間にあたる、梁を45度傾けた積層も行う。

ユニットセルは、一辺の長さ $\ell=8\text{mm}$ のものを基準として、それを1.25倍、1.5倍したセルも用いることで、3種類のサイズの梁を製作する。

積層方向4種類×セルサイズ3種類で計12種類の片持ち梁を製作する。片持ち梁を構成する各要素のパラメータを表1に示す。



(a) ユニットセル (b) おもり取り付け部 (c) 梁取り付け部  
図1 片持ち梁の構成要素

表1 各構成要素のパラメータ

	セルサイズ8mm	セルサイズ10mm	セルサイズ12mm
$\ell$ [mm]	8	10	12
$t$ [mm]	1.6	2	2.4
$\ell'$ [mm]	8	6	6
$a$ [mm]	60	70	82
$b$ [mm]	38	40	46
$c$ [mm]	38	41	46
$d$ [mm]	8	10	12

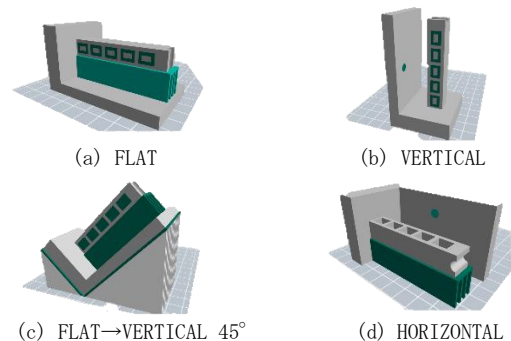


図2 積層方向

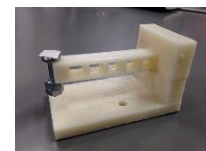


図3 AMにより造形した片持ち梁

### 3. 実験装置および方法

実験装置について説明する。まず、任意に設定した周波数の信号を送るため、ファンクションジェネレータを用いる。その信号を増幅させるためにアンプを用い、増幅させた信号をモータに繋ぎ振動させる。振動の計測にはオシロスコープとレーザドップラ振動計を用いる。実験装置の接続を図4に示す。

モータに、各梁とそれを載せる台座を共にねじで固定する。梁の先端には、おもりとして計 5.5g のボルトとナットを取り付ける。振動させ、おもり部と台座部の振幅をそれぞれオシロスコープにより読み取る。その振幅の比を用い、振動特性としての固有振動数をそれぞれの梁について求め、比較する。

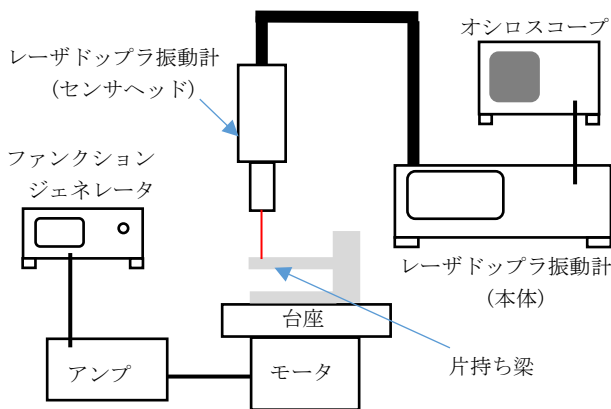


図4 実験装置

### 4. 実験結果

実験により、各梁の固有振動数を求めた結果を図5に示す。グラフから分かる主な特徴を挙げる。まず HRZ については、全セルサイズで最も高い固有振動数を示している。また VER については、全セルサイズで最も固有振動数が低くなっており、特にセルサイズが最も小さい場合において、その値が他の積層方向と比較著しく低い。FLT→VER 45° は、VER よりも値が大きくなっており、FLT 寄りの性質を示していると言える。

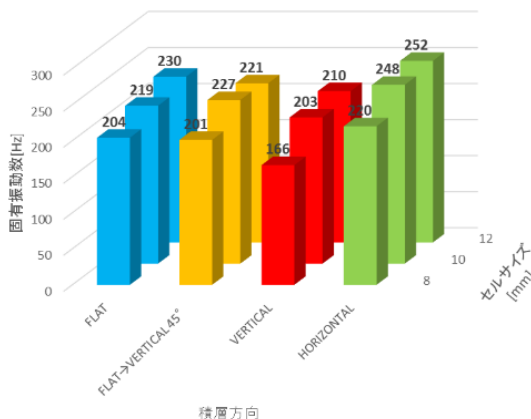


図5 実験結果

### 5. 考察

まず、積層方向による材料接着強度の観点から考察する。全セルサイズで最も高い固有振動数を示す HRZ の梁の特徴として、形状による層同士の接着面積の変化が無く、面積も梁全体に渡り大きいことが挙げられる。(図6)一方、HRZ よりも低い固有振動数の積層方向に共通する特徴として、形状により層同士の接着面積に変化が生じており、積層面が加振による力の影響を受けやすい方向になっている。(図7, 図8)これらの特徴の違いから、一定の面積で積層した HRZ は接着が強固になり剛性が高まるが、その他の積層では面積の変化により接着が不十分であったり、層同士が加振による引き剥がしの力を受けるため、剛性が低くなると考える。そのため、固有振動数にも高低が生まれたと考える。

次に、セルサイズによる造形精度の観点から考察する。特に VER については、元々積層面積が他の方向と比較し小さいため、最も小さいセルサイズにおいて精度の影響を強く受け、値が小さくなったと考える。USB カメラで拡大し観察したところ、積層間の段差や部分的な板厚の違いが顕著に表れていた。(図9)

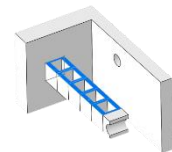


図6 HRZ の積層面



図7 積層面に働く加振力 (FLT)

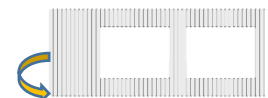


図8 積層面に働く曲げの力 (VER)

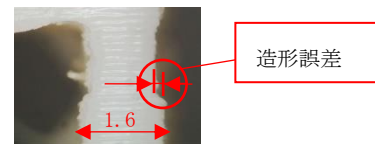


図9 VER における精度

### 6. 結論

本研究では、実験で得られた結果をもとに、積層方向による材料接着強度とセルサイズによる造形精度の2つの観点から振動特性に関する考察を行い、特徴を抽出した。

### 7. 参考文献

- [1] Sang-in Park, David W. Rosen, "Quantifying effects of material extrusion additive manufacturing process on mechanical properties of lattice structures using as-fabricated voxel modeling", Additive Manufacturing, Volume89, pp.1-9, 2016