

3次元造形品の評価に関する研究

Study on Evaluation of 3 Dimensions Shaped Articles

木村勝典・佐々木郁哉

Katsunori Kimura and Ikuya Sasaki

機械素材研究所 計測制御科

3次元造形品は、ものづくりの場面で使用されるケースが多くなってきたが、造形精度と機械的強度については明らかになっていない点が多く、利用の際に注意を要していた。そこで、検証用モデルを造形し評価試験を実施、複数の装置を用いた比較を行った。その結果、装置による違いや造形する際のレイアウトにより造形精度や機械的強度が異なることを把握でき、試作品用途に応じた設計形状の最適化を進めることが可能となった。

1. はじめに

試作開発における効率化やコストダウンに利用できるとして期待され、3次元造形技術が近年脚光を浴びている。特にコンシューマー向けの安価な造形機が販売されるようになったことが理由として考えられるが、目的や用途に応じて多くのラインナップが出てきたことの影響は大きい。その中でも実際のものづくりの検討に利用できるとして、インクジェット紫外線硬化式タイプが注目されている。このタイプの装置は、造形モデルの表面を滑らかに仕上げるができることから他の方式と比べて優位性があるため、精密部品や最終製品の形状確認用としてだけでなく、実製品に近い手触り感の確認やアセンブリ部品としての利用が拡大している。

しかし、造形後に組み合わせようとしたモデル同士が組み合わない事があるなどクリアランスの調整が難しい。また造形後の後処理中や造形モデル完成後の製品検討中で厚さが薄い箇所など、衝撃により簡単に破損するケースも多く、強度の面では熱融解積層方式等其他の方式よりも低く取り扱いに注意を要している。

そこで本研究では、インクジェット紫外線硬化式タイプの造形精度と機械的強度について検証用モデルを造形して評価を行い、ものづくりの場面で有用なモデルとして使用するために必要な特性把握を進め、利用可能性について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 造形装置

検証用モデルは以下の装置を用いて造形した。装置外観を図1に示す。また表1に造形ピッチを示す。

(1) AGILISTA-3100 ((株) キーエンス)

(2) ProJet5500X ((株) スリーディーシステムズ)

(3) Objet30 Pro ((株) ストラタシス)

(以下 (1) は AGILISTA、(2) は ProJet、(3) は Objet)



図1 3次元造形機装置外観

表1 造形ピッチ

装置	AGILISTA	ProJet	Objet
造形ピッチ (mm)	0.020	0.032	0.016 0.020

2.2 検証用モデル

造形精度と機械的特性を検証できるモデルとして、板モデル (幅 10 mm、長さ 50 mm) の造形を行った。造形精度や機械的強度への影響を調べるため板厚は1、

2、3 mm の3種類とした。またObjetは2種類（Vero Clear、Vero Blue）の材料を用い、造形時のレイアウトは図2に示す6パターンについてそれぞれ5枚ずつ造形した。プリンタヘッドの進行方向はレイアウト①の長手方向が平行になるようにセットした。

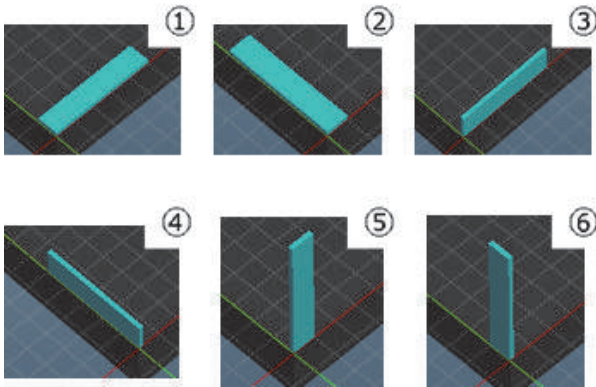


図2 造形レイアウト

2.3 測定方法

造形精度と機械的強度の評価については、以下の方法により測定した。

(1) 造形精度

板厚についてはマイクロメータ、板幅と板長さについてはノギスを用いて測定した。板厚と板幅は3箇所の測定値の平均値を採用した。

(2) 機械的強度

機械的強度は、3点曲げ試験を実施し、それぞれの条件で造形した板モデル5個の平均値を求めた。試験条件は評点間距離を30 mm、圧子R=5 mm、試験速度10 mm/minにて行った。試験時の外観を図3に示す。



図3 曲げ試験外観

3. 測定結果

3.1 造形精度

造形精度について測定した板厚を図4、板幅を図5、板長さを図6に示す。縦軸は厚さ、幅、長さの寸法で、横軸はレイアウトとした。



図4 板厚造形精度



図5 板幅造形精度

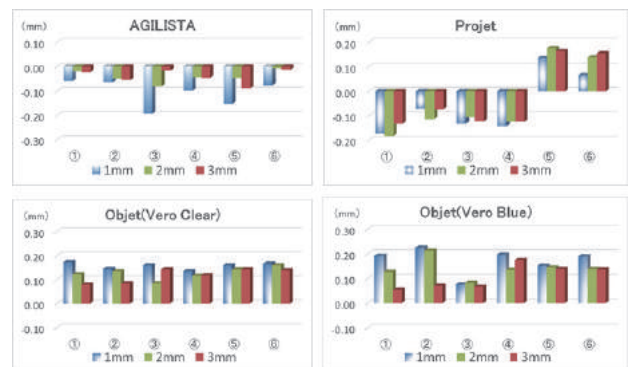


図6 板長さ造形精度

板厚、幅、長さの造形精度測定結果から、それぞれの装置において次のような傾向が見られた。

AGILISTA は全てのレイアウトで設計値よりも小さく造形されることが確認できた。また、板厚によって差が生じていることがわかった。

ProJet はレイアウトにより異なる増減を確認することができた。板厚は厚くなること、幅は設計値に近い状態で造形できること、板長さについては造形レイアウトにより長く造形される場合と短く造形される場合に分かれることがわかった。

Objet はレイアウトや板厚による差が最も小さかった。全てのレイアウトで大きく造形されることがわかった。

これらの結果から、モデルを造形する際に造形後の寸法を設計値に近づけるための補正量を推定することが出来た。

3.2 機械的強度

3点曲げ試験を行った結果を図7に示す。縦軸を曲げ応力、横軸をレイアウトとした。

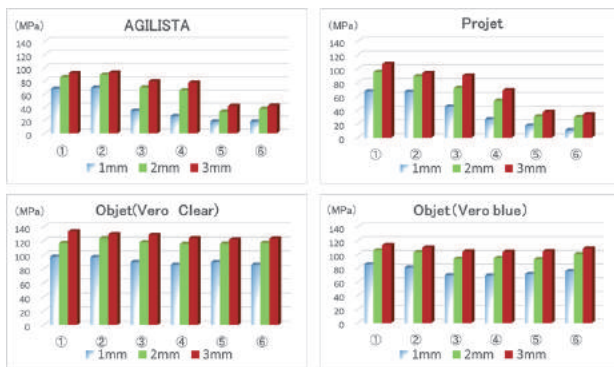


図7 曲げ応力測定結果

図7から、それぞれの装置の機械的強度を把握することが出来た。AGILISTA、ProJet はともに造形方向により、応力が低下することがわかった。特に造形レイアウト⑤、⑥の時には、①、②と比べて応力が半分以下になっており、この方向に造形した場合には割れ易くなるなど、造形後の使用の際に支障となる場合が考えられた。ProJet で造形した

1mm厚のレイアウト⑥の造形品の表面状態を図8に示す。このように、表面に造形



図8 表面状態

ピッチによると見られる筋が入り、板厚が大きく変化していることがわかった。そのため薄い箇所に応力が集中するため、低い応力で割れたと考えられる。

また、板厚が厚くなるに従って応力が高くなること

がわかった。板厚が厚くなるに従って板表面には図8のようなスジは見られなくなり、図4からも板厚精度も向上することから、応力集中が生じにくくなっていることによるものと考えられる。

Objet は造形レイアウトにほとんど関係なく同様の応力を示すことがわかった。板厚が厚くなるに従って応力が高くなる傾向は他の2台の装置と同じ傾向ではあるが、他の装置よりも全体的に強度が高くレイアウト方向を気にせずにモデルをセットすることが出来るメリットがあると言える。

4. おわりに

インクジェット紫外線硬化式タイプの造形精度と機械的強度について検証用モデルを造形して評価を行った結果、以下のことがわかった。

(1) 造形精度

造形装置により、またレイアウトにより造形後の寸法の増減に違いがあることがわかった。また板厚による違いも確認することが出来、試作品を造形する際により設計値に近い造形精度で作る際の補正量を推定することが出来た。

(2) 機械的強度

造形レイアウトや板厚により、積層面の表面性状が異なることから、曲げ応力に大きな差が生じた。特にレイアウト⑤や⑥のような縦に伸びるような造形物を積層する際は、側面の表面性状が荒れて、板厚の薄い箇所に応力集中することで、小さい荷重で破損したものと思われる。組み立てる部品同士などでは、造形レイアウトによって内側の板厚を厚くする、リブを付ける事により耐強度を上げる等、造形品を利活用する際の対策が必要であることがわかった。

以上のことから、滑らかで高精度な積層造形物ができるとしたインクジェット紫外線硬化式タイプの3次元造形装置であるが、造形する際の条件により寸法精度や曲げ応力に影響を及ぼすことが把握できた。これらの結果を用いれば、ものづくりの場面で有用な部品として使用するため、設計形状の最適化のために利用できると思う。

