

# ラピッドプロトタイピング樹脂成形品の簡易型利用に関する検討

宮内 宏 哉\*<sup>1</sup>後藤 卓 三\*<sup>2</sup>上原 忍\*<sup>3</sup>前田 一 輝\*<sup>4</sup>

## 【要 旨】

ラピッドプロトタイピング樹脂成形品を簡易型に用いてエポキシ樹脂及びアクリル樹脂の成型を行う場合の離型性について、表面処理方法による影響を調査した。塗装によりラピッドプロトタイピング樹脂成形品に特有の凹凸及び隙間を埋めた後、アルミ薄膜を形成することにより、エポキシ樹脂及びアクリル樹脂の離型性を高めることができた。また当該表面処理を施した簡易型を用いて、エポキシ樹脂の引張強度試験片を試作することができた。

## 1 はじめに

ラピッドプロトタイピングとは、3次元CADデータを元にスライスデータを作成し、これを用いて樹脂成形品等を直接、積層造形する方法である。金型等が不要で、3次元CADデータを元に数時間～数日程度で成形品を作製できることから、樹脂成形品の試作に広く利用されるようになってきている。しかし現状ではラピッドプロトタイピングで成形可能な樹脂の種類は十数種類程度であり、工業的に利用されている樹脂材料のごく一部にすぎない。また粉末積層造形法を除けば、型成形した樹脂製品と比べて強度・耐久性に劣るため、形状確認・展示品の試作などの限られた用途で用いられているのが現状である<sup>1)</sup>。

一方、ラピッドプロトタイピングによる成形品を試作用の型に利用し、様々な種類の樹脂の試作成形に利用する取り組みも検討され始めている。

例えば、ブロー成形用の型をマルチジェット造形法で作製した例<sup>2)</sup>、エラストマ材料の射出成型用試作型をポリフェニルサルフォン材料の3Dプリンターで作製した例<sup>3)</sup>などがある。

現在、十万円程度から購入可能な低価格3Dプリンターはいずれも、熱溶解積層造形法を採用しており、主な材料はポリ乳酸(PLA)とABS樹脂である。これらのうちABS樹脂は耐薬品性に優れ、また常用耐熱温度も70～100℃程度と、簡易型の利用可能性を有している。

本研究では、熱溶解積層造形法によるラピッドプロトタイピング樹脂成形品を簡易型に用いる上で重要な離型性について検討し、ラピッドプロトタイピング樹脂成形品への表面処理方法による影響を調査した。また熱溶解積層造形法により引張強度試験片成型用の簡易型を作製し、実際にエポキシ樹脂の引張強度試験片の試作を試みた。

## 2 実験方法

### 2.1 ラピッドプロトタイピング成形法

実用化されている主要なラピッドプロトタイピングによる樹脂成形方法としては、光造形法

\*1 基盤技術課 副主査

\*2 基盤技術課 主任研究員

\*3 中丹技術支援室 主任研究員

\*4 基盤技術課 主任

(SLA)、粉末焼結造形法 (SLS)、マルチジェット造形法 (MJM、インクジェット造形法とも呼ばれる)、熱溶解積層造形法 (FDM) が挙げられる<sup>4)</sup>。いずれの方法も積層造形法と総称され、3次元CADデータを元に、XY平面上で作製した樹脂成形品をZ方向に積層させて、3次元の樹脂成形品を造形する。

これら4方法の樹脂成形に関する特徴を表1に示す。本研究ではFDMにより簡易型を製作した。FDMでは、線状の固体原材料樹脂を熱溶解させ積層し、自然冷却で凝固させて造形する。耐熱性・耐薬品性に優れたABS樹脂が利用可能であり、本研究においてもABS樹脂を採用した。

**表1 ラピッドプロトタイプ造形方式と樹脂成形の特徴**

方式	SLA	SLS	MJM	FDM
樹脂形態	液体	粉末	液体	線材
熔融法	—	熱 (レーザー)	—	熱 (抵抗)
硬化法	紫外線 硬化	自然冷却 (凝固)	紫外線 硬化	自然冷却 (凝固)
主な樹脂	アクリル	ナイロン	アクリル	ABS

## 2. 2 評価方法

### 2. 2. 1 離型性評価方法

離型性評価のための試験片の写真を図1に示す。図1の下部がラピッドプロトタイプ樹脂成型品であり、本所(京都市)で所有するCubeX Duo(3D systems社)を用いて作製した。横30mm、縦30mmの接着面と、直交する掴み部を有するT字型となっている。

表面処理による離型性への影響を評価するため、この接着面上に表面処理を施した。表面処理は、塗装、離型剤、アルミニウム薄膜の3種類を単独

或いは組み合わせて施した。塗装は、サーフェイサ(GSIクレオス製)を塗布後、耐熱性樹脂塗料(シリコン樹脂、呉工業製)を塗布して常温で乾燥させた。離型剤はシリコンオイル離型剤(呉工業製)を用いた。アルミ薄膜は、タングステンボート上のアルミ金属を真空雰囲気抵抗加熱して蒸着させ、膜厚0.2μmの製膜を行った。

表面処理を施した後、接着面上に内径10mm、外径12mmのポリプロピレンチューブを設置し、シリコン系液状ガスケットで隙間が無いようシールして固定した。



**図1 離型性評価試験片写真**

樹脂成型は、ポリプロピレンチューブに液体のエポキシ及びアクリル樹脂を流し込んだ後、エポキシ樹脂は100℃、アクリル樹脂は常温にて24時間以上硬化させて行った。その後、ガスケットを取り除き、万能材料試験機1122型(インストロンジャパン社、5kN)を用い、ラピッドプロトタイプ樹脂成型品の掴み部とポリプロピレンチューブを掴んで引張試験を行い、離型又は破断時の引張強度を求めた。試験速度は1mm/min.とした。

### 2. 2. 2 簡易金型作製方法

ラピッドプロトタイプ樹脂成形による簡易金型は、中丹技術支援室(綾部市)に整備されている3DプリンターDimension Elite(Stratasys社)を用いて作製した。作製した簡易金型の写真

を図2に示す。簡易型の外形は長さ 200mm、幅 30mm、厚 9mm であり、JIS K 7162 試験片 1A 形の引張強度試験片（長さ 180mm、厚 4mm）が成形可能な形状となっている。



図2 簡易型 写真

### 3 結果及び考察

#### 3. 1 離型性評価結果

エポキシ樹脂及びアクリル樹脂の離型性評価結果を表2及び3に示す。

エポキシ樹脂・アクリル樹脂ともに、表面処理を施していない試料及びアルミニウム薄膜のみを施した試料では、剥離強度が 200 N を超え、黄色のラピッドタイプ樹脂成型品内部で破断した。塗装及び塗装と離型剤塗布を行った試料では、エポキシ樹脂・アクリル樹脂ともに、ラピッドタイプ樹脂成型品の破断は見られなかった。しかしエポキシ樹脂の場合は、ポリプロピレンチューブ側のエポキシ樹脂表面に塗装が付着していた。一方、アクリル樹脂の場合は、剥離面のポリプロピレンチューブ側のアクリル樹脂表面が完全に硬化しておらず、粘度の高い液体の状態が観察された。

一方、接着面上に塗装を施した後、更にアルミ薄膜を製膜した試料では、剥離強度が他の表面処理方法と比べて低かった。またポリプロピレンチューブ側はエポキシ樹脂・アクリル樹脂ともに硬化した樹脂表面が露出しており、塗装及びアルミ薄膜の表面処理の付着は見られなかった。

表2 エポキシ樹脂 離型性評価結果

表面処理	剥離強度 (N)	表面写真
無	>200	
塗装	125	
塗装+離型剤	63	
アルミ薄膜	>200	
塗装+アルミ薄膜	46	

表3 アクリル樹脂 離型性評価結果

表面処理	剥離強度 (N)	表面写真
無	>200	
塗装	28	
塗装+離型剤	21	
アルミ薄膜	>200	
塗装+アルミ薄膜	21	

#### 3. 2 簡易型による引張強度試験片の成型

ラピッドプロトタイプングにより作製した簡易型を用い、エポキシ樹脂の引張強度試験片を試作した。簡易型表面に表面処理を施さず、ラピッドプロトタイプングで造形した樹脂表面に直接、エポキシ樹脂が流し込んで造形したところ、エポキシ樹脂と簡易型が接合して取り出しができなかつ

た。次に、簡易型表面に塗装及び離型剤を塗布したものをを用いて成型したが、表面処理を施していない場合と同様に、簡易型と樹脂成型品が接合したまま、取り出すことができなかった。更に、簡易型表面に塗装後、アルミ薄膜を形成したものをを用いて成型したところ、端部をカッターナイフで持ち上げることによって簡易型からエポキシ樹脂成型品を取り出すことができた。これにより作製した、エポキシ樹脂の引張強度試験片の成形品外観写真を図3に示す。



図3 ラピッドプロトタイピング簡易型を用いた引張強度試験片成形品 写真

### 3.3 考察

ラピッドプロトタイピング成形品及びラピッドプロトタイピング成形品に表面処理を施した試料の表面粗さ測定結果を表4に示す。

表4 表面粗さ測定結果

表面処理	無	塗装	Al 薄膜	塗装+ Al 薄膜
Ra (μm)	7.3	2.8	7.8	2.6
Rz (μm)	39.0	14.7	40.4	14.4

本研究で用いたFDMは、線状の固体原材料樹脂を熱溶融させ積層するため、成形品表面に線状材料に起因する凹凸が存在している。また、FDMの3Dプリンターで作製した造形物を液体容器等の試作に用いる場合、「造形物の層と層の間に隙間ができてしまう」ために「液体を使った検証には向かない」<sup>5)</sup>ことが報告されているように、FDMによる層間の凹凸は最表面の層に限られず、成形

品内にも存在して隙間を形成している。そのため、これら凹凸及び隙間を埋めることなく樹脂成形用の型に用いた場合には、型表面の凹凸及び内部の隙間に樹脂が入り込み、成型後に離型することが困難だったものと思われる。また、表面に塗装処理を施すことにより、表面の凹凸及び表面近傍の隙間が埋められて表面粗さが改善するとともに、樹脂の入り込みが防止されて、離型性が向上したと考えられる。

またシリコン樹脂系の塗装のみ場合と、塗装後にアルミ薄膜を形成した場合には、アルミ薄膜を形成した方が離型しやすかった。これは成型したエポキシ樹脂との相互作用の小さい金属薄膜の方が離型しやすい結果になったものと考えられる。

## 4 まとめ

今回、ラピッドプロトタイピング樹脂成形品を簡易型に用いてエポキシ樹脂及びアクリル樹脂の成型を行う場合の離型性について、表面処理方法による影響を調査した。塗装によりラピッドプロトタイピング樹脂成形品に特有の凹凸及び隙間を埋めた後、アルミ薄膜を形成することにより、エポキシ樹脂及びアクリル樹脂の離型性を高めることが可能であった。また当該表面処理を施した簡易型を作製し、エポキシ樹脂による引張強度試験片を試作することができた。

### (参考文献)

- 1) 日経ものづくり 2013年6月号, p61
- 2) 水野操: 機械設計, vol. 57, 9, p105 (2013)
- 3) 日経ものづくり 2011年10月号, p84
- 4) 特許流通チャート ラピッドプロトタイピング, 独立行政法人工業所有権情報・研修館(2002)
- 5) 日経ものづくり 2013年10月号, p47