

# 熱溶解積層 3D プリンターの造形物の機械的特性に及ぼす積層方向の影響

## Effect of Stacking Direction on Mechanical Properties of a Thermally Melt Stacked 3D Printer

鈴木翔太<sup>1)</sup>

指導教員 坂口雅人<sup>1)</sup>

1)サレジオ工業高等専門学校 複合材料構造研究室

キーワード：3D プリンター, 引張試験, PLA, 引張強度, ポアソン比

### 1. 緒言

近年, 身近な物の多くはプラスチックが使われており, かつて金属で製造されていた製品もプラスチックで代用されている. プラスチックは加工性や軽量など利点が多く, 様々な分野で使用されている. また, 重要特許が切れた<sup>[1]</sup>ことから 3D プリンターが注目を集めている. 3D プリンターはスライスデータを入力することで自動的に造形できるものであり, 開発時間の短縮・コストの削減・効率化などの多くの可能性がある<sup>[2]</sup>. しかし, プレス加工や射出成形と比べると, プリント時間がかかる, 強度が低い, 耐熱性が低い, 少数生産であり, 工場での大量生産には不向きである. また, 高い荷重の付加される部品や高温となる場所での利用が難しく, 使用範囲が大きく制限されている.

3D プリンターのノズルの動作軌道である積層方向による, ポリ乳酸の機械的特性の変化は明らかになっていない. 本研究では, より強度の高くなる条件を明らかにするため, 造形時の 3D プリンターの積層方向を変化させ, 引張試験を行い, 積層方向が引張強度や伸び率・ポアソン比に与える影響を調査した.

### 2. 実験方法

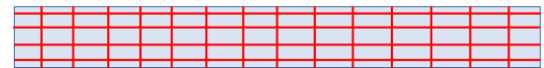
#### 2.1 試験片作成

3D プリンター (Flash forge 社 GuiderII) を用いて, 図 1 のように $[\pm 45]_{11}$ と $[0/90]_{11}$ の試験片を造形した. 積層断面は図 2 のようにフィラメントが交差するように積層した. 造形条件は, フィラメントの充填率 100 %, ノズルの速度 60 mm/s, ノズル温度 220 °C, プラットフォーム温度 60 °C と条

件を固定した. 形状は 150 mm×10 mm×4 mm の直方体とした. 本研究では,  $\phi 1.75$  mm の PLA フィラメント (武藤工業株式会社製, Value 3D Magix PLA17) を使用した. 積層方向による影響を調査するため, 積層方向 $[\pm 45]_{11}$ と $[0/90]_{11}$ とした試験片を 5 本ずつ造形した.

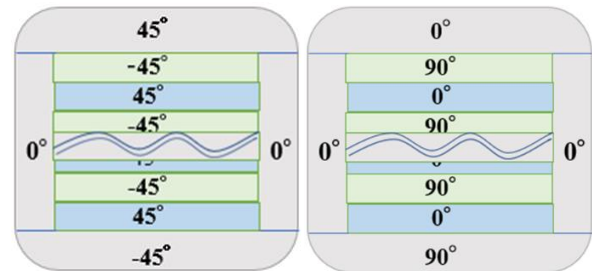


a)  $[\pm 45]_{11}$



b)  $[0/90]_{11}$

図 1 ヘッドの軌道



a)  $[\pm 45]_{11}$  の断面積 b)  $[0/90]_{11}$  の断面積

図 2 積層断面

#### 2.2 試験方法

積層方向が引張強度や伸び率・ポアソン比に与える影響を調査するため, 引張試験を行った. 接着剤(Araldite, ST30)を用いて, 試験片の両端にタブ(アルミニウム, 寸法 10 mm×20 mm)を接着した. タブを貼り真空デシケーター(AS-ONE 製, RVD-300)に入れ, 12 時間以上静置した. その後ひずみゲージ(KYOWA 社製 KFGS-5-120)を貼り, 2 時間以上乾燥させた. 引張試験は, 万能試験機(株式会

社島津製作所, AGS-1000A)を用いて行った. 引張速度は 0.5 mm/min で行った.

### 3. 実験結果と考察

試験により得られた応力-縦ひずみ・横ひずみ線図を図 3 に示す. 強度, ポアソン比, 縦,横弾性率を図 4,5,6 に示す. 応力-ひずみ線図では,  $[0/90]_{11}$  のひずみを  $\pm 0.5$  ずらした.

図 3 より,  $[\pm 45]_{11}$  と  $[0/90]_{11}$  で最大強度に達するまでに大きな差は見られなかった. しかし,  $[\pm 45]_{11}$  では最大応力後ネッキングしていることが分かる. これは,  $[\pm 45]_{11}$  方向に積層されたフィラメントが引張軸方向に延伸されたためと考えられる. 一方,  $[0/90]_{11}$  では, フィラメントの積層が延伸することなく剥がれたため, 最大強度後に破断したと考えられる. 図 5, 6 より,  $[\pm 45]_{11}$  と  $[0/90]_{11}$  ではポアソン比, 弾性率に大きな変化はなかった. 図 4 より, 強度は  $[\pm 45]_{11}$  では 55 MPa,  $[0/90]_{11}$  では 51 MPa と約 4 MPa  $[\pm 45]_{11}$  の強度が高くなることが分かった. しかし, 先行研究において PLA の引張強度は約 60 MPa<sup>[3]</sup>であり, 5~10 MPa 低い強度になった, 原因として, 図 7 のように試験片が反ってしまったことや, 造形中にボイドが混入したことが考えられる.

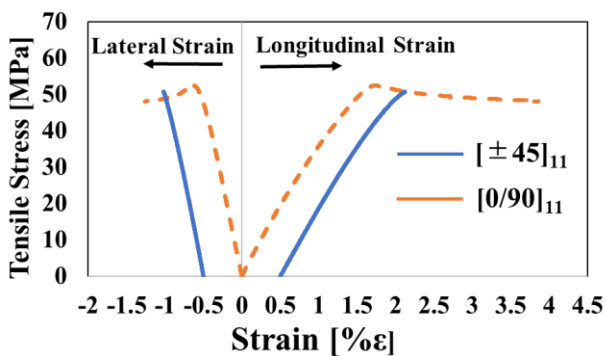


図 3 応力-縦, 横ひずみ線図

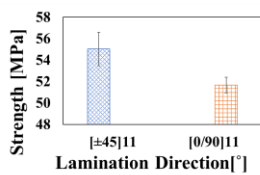


図 4 引張強度

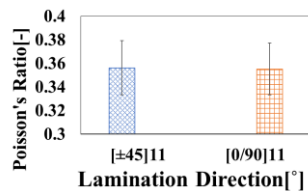


図 5 ポアソン比

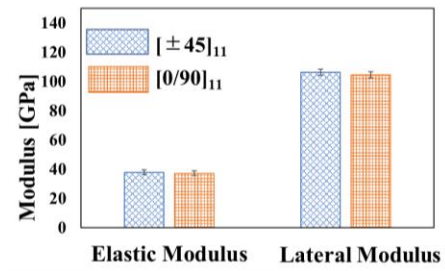


図 6 弾性率

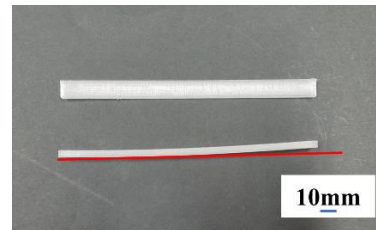


図 7 試験片の反り

### 4. 結言

3D プリンターを用いて PLA の試験片を造形した. 積層方向による影響を調査するために  $[\pm 45]_{11}$  と  $[0/90]_{11}$  の試験片を各 5 本ずつ比較した. 引張試験の結果,  $[0/90]_{11}$  と比較して  $[\pm 45]_{11}$  の方が引張強度は高くなることが分かった.  $[\pm 45]_{11}$  では, 最大応力後ネッキングし,  $[0/90]_{11}$  では最大応力後に延伸なく破断することが分かった. PLA の強度は約 60 MPa 前後であり, 5~10 MPa 低くなることが分かった. 本研究では,  $[0/90]_{11}$  より  $[\pm 45]_{11}$  方向に積層することで引張強度が高くなることが分かった.

### 5. 今後の予定

今後は, 温度や造形環境などの積層条件を変化させ比較し, 引張強度が高く, プリント速度の短縮できる条件を調査する.

### 参考文献

- [1] 水野操 “わかる!使える!3D プリンター入門” 日刊工業新聞社 2018 p.21.
- [2] 筏義人, “生分解性プラスチックハンドブック”, 土肥義治編集代表, 生分解性プラスチック研究会編, 株式会社エヌ・ティー・エス, (1995), p282.
- [3] S.Scott,Crump,Minnetonka,Minn.APPARATUS AND METHOD FOR CREATING THREE-DIMENSIONAL OBJECTS.U.S.Patent5,121,329.1992.Jun.9.