

熱溶解積層法により造形されたポリ乳酸の 機械的特性に及ぼす疑似等方性を持つ積層方向の影響

Effects of Lamination Direction with Quasi-Isotropic on Mechanical Properties of Poly(lactic acid) Modeled by Fused Deposition Modeling Method

田中 琳久¹⁾

指導教員 坂口 雅人²⁾

1) サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 複合材料構造研究室

2) 岐阜大学 工学部 機械工学科 (元 サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科)

キーワード：3D プリンタ，熱溶解積層法，疑似等方，ポリ乳酸，引張試験

1. 緒言

現在から約 10 年前の 2013 年頃，熱溶解積層：FDM (Fused Deposition Modeling) 3D プリンタ[1]などの基本特許が切れ，アメリカや中国の企業が相次いで 3D プリンタを開発，安価で小型な 3D プリンタが登場した。嗜好品として世間に広まり日本でも話題となったが，企業では試作品への活用に留まっていた[2]。

近年，印刷の高速化，低価格化が進み，特に複雑な形状のものは他の造形方法よりも速く安く簡単に造形できるようになった。また，環境問題の観点からも，印刷に必要な分だけ材料を消費して廃材を出さない 3D プリンタは，様々な需要に応えることができる[3]。

しかし，積層方式の 3D プリンタは PLA 樹脂を一層ずつ積層しながら造形するため，単一方向に積層すると力が加わる方向によって強度に差が生じると考えられる。

そこで，本実験では疑似等方性をもつ試験片を造形し，一方向で造形された試験片と引張強度を比較することで，疑似等方性を持つ積層方向の影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

2. 1 試験片の作製方法

熱溶解積層 3D プリンタ (FLASHFORGE 社

Adventure 3 Lite) を用いて試験片を造形した。使用する材料は PLA (武藤工業株式会社 MAGIX PLA 17 クリア) とし，試験片の寸法は 150 mm × 10 mm × 4 mm とした。造形条件は充填率 100%，ノズル温度 220 °C，プラットフォーム温度 60 °C とした。また，造形方向は単一方向の [0]₂₂，[90]₂₂ と，疑似等方性 (Quasi-Isotropic) を持つ積層方向である [0/60/120]₇ の 3 通りとした。

2. 2 引張試験

造形された試験片の両面両端に図 1 に示す様にタブを接着し，片面中央にひずみゲージを貼付けた。その後，万能試験機 (株式会社島津製作所 AGS-1000A) を用いて引張試験を行った。引張試験時のサンプリング周波数は 10 Hz，引張速度は 0.5 mm/min とした。

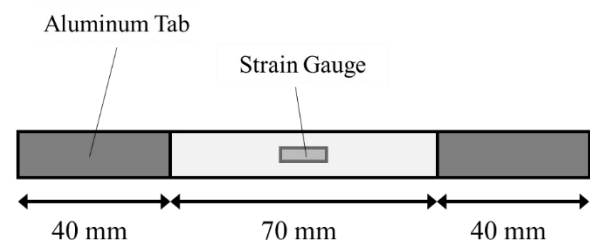


図 1 造形した試験片の概略図

3. 実験結果および考察

積層方向を変化させて造形した試験片の引張試験における応力-ひずみ線図を図2に示し、図2から得られた強度と弾性率を図3、図4に示す。グラフより、単一方向の $[0]_{22}$ と $[90]_{22}$ では $[0]_{22}$ は強度が高く、 $[90]_{22}$ は弾性率が高いという結果になった。これは繊維と垂直になるように引っ張ると積層間の繊維同士が離れることで比較的小さな力でも破断し、またPLAなどの高分子材料は一般に粘弾性材料であることが知られているが[4]、積層間では高分子の絡み合いが不十分であったためポリマーによる粘弾性が低下し、伸びにくくなったと考えられる。また $[0/60/120]_7$ は、強度が $[90]_{22}$ より高いが $[0]_{22}$ よりは低い、弾性率は $[90]_{22}$ より低い $[0]_{22}$ より高いという結果になった。よって、疑似等方性を持つ造形物は強度と弾性率に関して、縦方向、横方向に積層された造形物の中間程度の特性となることが分かった。

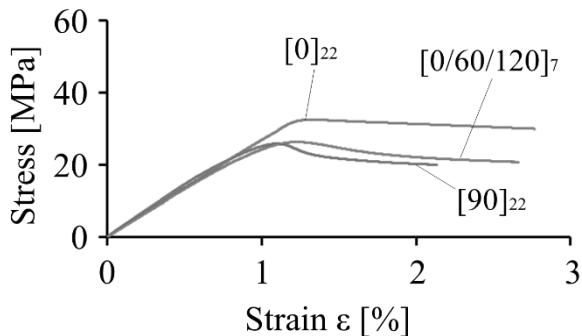


図2 積層方向を変化させて造形した試験片の応力-ひずみ線図

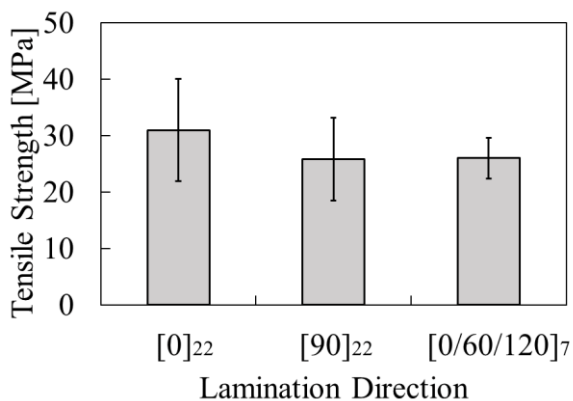


図3 積層方向による強度の比較

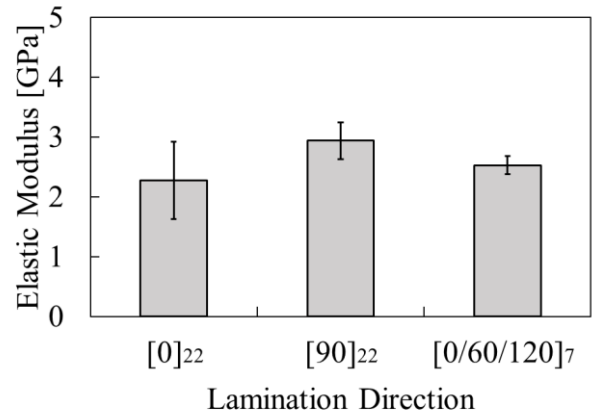


図4 積層方向による弾性率の比較

4. 結言

今回の実験では、疑似等方の試験片は強度、弾性率それぞれが、一方向に造形された試験片を水平方向、垂直方向に引っ張ったときの強度、弾性率の間の値になった。この結果から、3Dプリンタで造形された疑似等方材は水平方向と垂直方向の双方の特性を持っていると考えられる。

参考文献

- [1] 特開平 03-158228, “三次元物体を創作する装置及び方法”, ストラタシス, インコーポレイテッド (1990)
- [2] 望月政嗣, “ポリ乳酸繊維の特徴と応用 -植物から生まれた環境調和型次世代合成繊維-”, 繊維誌 Vol.47, (2006), pp.148-156
- [3] 高橋智, 児玉和也, “3D プリンタ造形物の強度評価と充填構造の設計”, 石巻専修大学研究紀要 31号, (2020), p.9
- [4] 成沢郁夫, “高分子材料の強度と破壊靱性”, 日本金属学会会報, 27巻8号 (1988) p.651