

ノート

ナイロン RP による造形物の異方性について

阿保 友二郎* 横山 幸雄*

Rapid Prototyping System-made Products have Anisotropy

Yujiro Abo*, Yukio Yokoyama*

キーワード: ラピッドプロトタイピング、RP、SLS、異方性、デザインセンター

Keywords: Rapid Prototyping, RP, SLS, Anisotropy, Design Center

1. はじめに

都産技研デザインセンター設置のナイロン粉末焼結型ラピッドプロトタイピングシステム（以下 RP）は、ナイロン粉末を材料として積層造形法により造形物を作成する装置である（図 1 参照）。この RP は造形品の断面形状データ郡をシート状に展開した材料のナイロン粉層に選択的にレーザーを照射して焼結することによって造形物を作成する積層造形法を採用している。積層造形法による造形物は多層構造となるため、造形時の諸条件や造形方向により機械的な強度が異なるはずである。

そこで、この RP による造形物の異方性について確認を行った。



図 1. ナイロン粉末焼結型ラピッドプロトタイピングシステム

2. 実験方法

2.1 異方性材料の考え方 等方性材料を扱う場合は、弾性領域における応力 (σ) とひずみ (ϵ) の関係は式 (1) で示される。

$$\sigma = E\epsilon K \quad (1)$$

これに対して、異方性材料の場合は、x, y, z の各方向別

*デザイングループ

に応力とひずみの関係が異なるため、式 (2) で表されることとなる。

$$\begin{pmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{zz} \\ \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} \\ \sigma_{xy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_{11} & E_{12} & E_{13} & E_{14} & E_{15} & E_{16} \\ E_{21} & E_{22} & E_{23} & E_{24} & E_{25} & E_{26} \\ E_{31} & E_{32} & E_{33} & E_{34} & E_{35} & E_{36} \\ E_{41} & E_{42} & E_{43} & E_{44} & E_{45} & E_{46} \\ E_{51} & E_{52} & E_{53} & E_{54} & E_{55} & E_{56} \\ E_{61} & E_{62} & E_{63} & E_{64} & E_{65} & E_{66} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{xx} \\ \epsilon_{yy} \\ \epsilon_{zz} \\ \epsilon_{yz} \\ \epsilon_{zx} \\ \epsilon_{xy} \end{pmatrix} K \quad (2)$$

2.2 ヤング率の測定 積層構造を有する造形物の異方性の種類を特定することを目的に測定を行った。試験片は、xy 平面に垂直、水平、および水平に 45°等配に配置した造形用データを RP の同一バッチで造形した（図 2 参照）。

測定は、プラスチックの引張試験方法（JIS K 7113）を参考に恒温恒湿（23°C±2°C、RH50%±5%）で 48 時間以上放置して、同室内で行った。

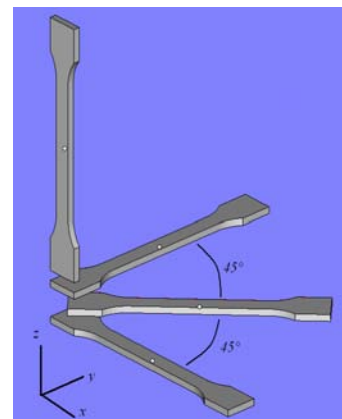


図 2. 同一バッチ内での造形時のレイアウト

2.3 横弾性定数等の測定 次に、xyz 方向別の横弾性定数・ヤング率・ポアソン比の材料定数を得るための測定を行った。測定は、炭素繊維強化プラスチックの面内せん

断試験方法 (JIS K 7079-1991) B 法を参考にして行った (図 3 参照)。

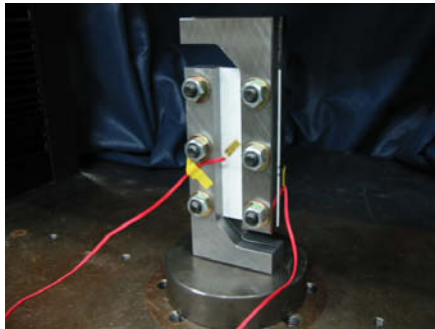


図 3. 横弾性定数の測定 (イメージ)

3. 結果・考察

最初の測定により、試験片の造形方向別のヤング率を得た。その結果、z 方向 (積層方向) に関する値の変化に対して、xy 面の平行方向に変化が見られなかったことから RP による造形物は、正方晶と等価の異方性材料の性質を有することを確認した (図 4 参照)。

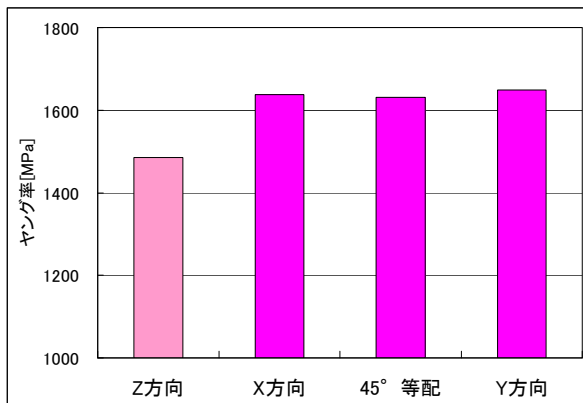


図 4. ヤング率の測定結果

このことより、式 (2) は、正方晶系の性質や要素の対称性等から以下の式 (3) に簡略化できる。

$$\begin{pmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{zz} \\ \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} \\ \sigma_{xy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_{11} & E_{12} & E_{13} & 0 & 0 & 0 \\ E_{12} & E_{11} & E_{13} & 0 & 0 & 0 \\ E_{13} & E_{13} & E_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & E_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & E_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & E_{66} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{xx} \\ \epsilon_{yy} \\ \epsilon_{zz} \\ \epsilon_{yz} \\ \epsilon_{zx} \\ \epsilon_{xy} \end{pmatrix} \mathbf{K} \quad (3)$$

次に行った測定の結果から、各方向別のヤング率、ポアソン比、横弾性定数を得た (表 1 参照)。これらの参考値となる係数を用いて、6 行 6 列で表される正方晶系の異方性材料特性のマトリクスに当てはめた値を算出した (表 2 参照)。

表 1. 算出に用いた係数の参考値

	ヤング率[GPa]	ポアソン比
X,Y 方向共通	1.72	0.355
Z 方向	1.60	0.320

表 2. 弾性ステイフネス定数の算出

$$\begin{pmatrix} E_{11} & E_{12} & E_{13} & 0 & 0 & 0 \\ E_{12} & E_{11} & E_{13} & 0 & 0 & 0 \\ E_{13} & E_{13} & E_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & G_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & G_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & G_{66} \end{pmatrix}$$

E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{33}	G_{44}	G_{66}
2.66	1.39	1.30	2.43	0.527	0.635

単位[GPa]

4. まとめ

RP によって作成される造形物は、正方晶と等価の異方性材料の性質を有することが判明した。

さらに、異方性材料の弾性領域における強度の一般的な提示方法である弾性ステイフネス定数の参考値を得ることができた。

RP による造形物の異方性材料の定数を得たことにより、CAE による解析が可能となり、造形前に静的荷重時の機械的な変形・応力などを確認できることとなる。このことは、設計-試作-製品化という開発プロセスにおける一貫性の高いデザイン支援を確立するための展開の礎に役立つと考える。

(平成 20 年 7 月 2 日受付, 平成 20 年 8 月 25 日再受付)