

はじめに

3Dプリンタの造形物、特に粉末床溶融結合方式やFDM(熱溶解積層方式)による造形物は、積層方向により造形物の強度が異なる異方性材料であることが知られています。この材料の異方性がどの程度強度に影響するかは造形方式等によって異なるため、製品の設計段階でCAEを用いた強度解析を行う際には、材料の異方性をどのように設定するかが重要となります。本稿では、CAEを用いて異方性材料を強度解析するうえで必要な機械的性質等の条件について、強度試験の結果と比較しながら検討を行いました。

強度試験の手法及び試験片の造形条件

強度試験は、引張試験を行い、万能材料試験機(インストロンジャパン社製、1122型5kN)を用いて最大引張応力(MPa)と破断時の伸び量(mm)を測定しました。

試験片は、高速三次元成形機(株式会社アспект製 RaFaEL 300F/材料:ナイロン11)を用いて、XYZの各軸方向に対して積層方向が平行になるように3種の試験片を造形しました。試験片形状は、JIS K 7161-2の試験片1Aを基本としましたが、つかみ部分での破壊を防ぐため、全長を180mmに変更しました。

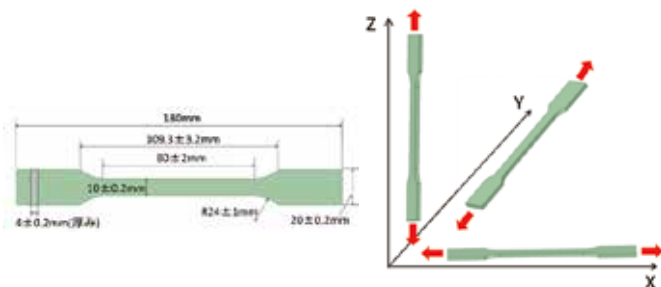


図1 引張試験片の造形条件

強度解析の手法

強度解析はCAE(ANSYS社、ANSYS Mechanical)を用い、引張時の伸び量について解析を行いました。

3種の試験片の各方向の機械的性質(ヤング率、ポアソン比)は非接触ビデオ伸び計を用いて取得し、これを解析条件として設定しました。

強度解析と強度試験の比較(単軸方向)

X,Y,Zそれぞれの単軸方向の強度解析結果と弾性域での強度試験結果の比較を表1に示します。強度試験結果と強度解析結果は比較的近い値となり、弾性域において、各軸方向のヤング率、ポアソン比を機械的性質とした設定は妥当であったと考えられます。

表1 強度解析と強度試験の結果比較(単軸方向)

弾性域	引張応力 [MPa]	伸び(実測) [mm]	伸び(解析) [mm]
X軸方向	30.0	2.55	2.16
Y軸方向	30.0	2.61	2.02
Z軸方向	5.00	0.43	0.39

強度解析と強度試験の比較(XYZ方向)

次に、XYZ軸全ての軸に対して45°の傾きを持つ試験片(以下、「XYZ軸方向試験片」)を造形し、単軸方向と同様に強度試験及び強度解析を行いました。弾性域での比較を表2に示します。

表2 強度解析と強度試験の結果比較(XYZ軸方向)

弾性域	引張応力 [MPa]	伸び(実測) [mm]	伸び(解析) [mm]
XYZ軸方向	2.00	0.17	0.24

単軸方向の試験片同様に、強度試験結果と相関的な結果となり、このことから、弾性域において強度解析を実施するうえでの条件が明らかになりました。

ただし、XYZ軸方向試験片の引張試験結果は、前述の各軸の単軸方向引張試験結果と比較して、最大引張応力、伸び量ともに小さい結果となりました。これは、XYZ軸方向試験片の引張試験を実施した際に、せん断応力が最大になる方向と積層面が重なるためと考えられます。

引張試験後の試験片は、図2のとおり積層面が剥離したような形状で破壊されており、これが他の方向の試験片より強度が低くなった要因の一つと思われます。



図2 積層面の剥離

まとめ

XYZ軸方向に対してそれぞれ平行に造形した試験片の強度試験結果からヤング率、ポアソン比を取得し、機械的性質として設定することで、XYZ軸方向試験片の引張試験時(弾性域)の挙動を再現できる可能性についての知見を得ました。

XYZ軸方向試験片は破断時に積層面の剥離が発生しますが、CAEでは剥離時の挙動を再現できないため、この剥離強度をどのように評価していくかが、今後の課題です。