

デジタル画像相関法によるガラス繊維強化プラスチック (GFRP) の引張特性と流動末端の影響の評価

荒木 真由美 (化学技術部 環境安全・バイオグループ)
三浦 栄一 (機械・材料技術部 材料評価グループ)

1. はじめに

不均一な複合材料や、樹脂流動の影響により成形品内に弱い部分があるような場合、破壊に至るまでの応力集中や変形過程を理解することは重要である。ひずみの計測方法としてひずみゲージがあるが、大変形は計測できない。デジタル画像相関 (Digital Image Correlation, DIC) 法は、試験片表面のランダムパターンを撮影し、画像内における移動量を、輝度値分布の相関を用いて計測する方法である。DIC は、大変形の計測に適しており、非接触で全視野の変位の計測が可能である。

本研究では、ポリカーボネート (PC) の引張試験における、ガラス繊維 (GF) 配合率や金型を変えた場合の局所ひずみや応力の経時変化を評価した。既報りの内容のうち、DIC について詳細に報告する。

2. 実験

GF 配合率が 0, 1, 5, 20 wt% の PC 試験片を射出成形により作製した¹⁾。2 種類の金型のうち、中央に流動末端が来るタイプを試験品とし、端部に流動末端が来るタイプを対照品とした。DIC による計測は、万能試験機 (モデル 5582 フロアー型試験機 (100 kN)) 及び解析ソフトウェア Instron® DIC Replay (いずれもインストロンジャパンカンパニイリミテッド製) を用いた。画像の相関を得やすくするため、図 1 のように、試験片の表面にランダムパターンを作製した。

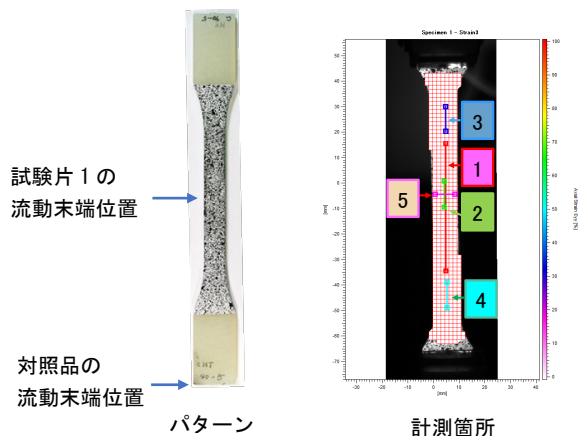


図 1 ランダムパターンとひずみ計測箇所

引張速度 10 mm/min で引張試験を行い、ひずみと応力を記録した。ひずみを計測した図 1 の 1~5 の 5 か所のうち、1~4 は引張方向、5 は引張方向に直交する方向のひずみである。また、1 は 50mm, 1~4 は 10mm の範囲の平均値を用いた。

3. 結果及び考察

3-1. DIC

経過時間に対する PC 対照品のひずみ及び応力の変化を図 2 に示す。まず弾性変形、続いて非弾性変形が起き、この間は一様に伸長した。上降伏点 (A) から下降伏点 (B) の間で、局所的なくびれの発生、いわゆるネッキングが開始した。くびれた領域では発熱し、ひずみ軟化が起り、下降伏点まで応力が低下した。更に延伸すると分子が配向し、強化されるため、応力は下降伏点より低下することなく、変形は未延伸領域へ移った。やがて試験片全体が延伸し、強化されるひずみ硬化が起き、応力が上昇し、破断に至った。

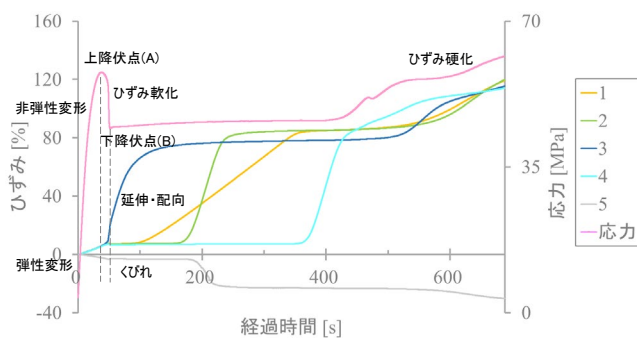


図 2 PC 対照品のひずみ及び応力の経時変化

他の試験結果とひずみの分布図を図 3 に示す。分布図については、局所的なひずみが観察された場合はその時点の分布図を、観察されない場合は破断前の分布図を示した。ネッキングは、GF5%以下の対照品と 1%以下の試験品でも観察された。GF が配合された試験片は、PC に比べ、短時間・低ひずみで破断した。GF の配合率が増加すると、その傾向が強まった。一方、ひずみ分布図については、GF5%以下では局所的な高ひずみ領域が現れるが、GF20%では見られず、非弾性変形時に破断し、ネッ

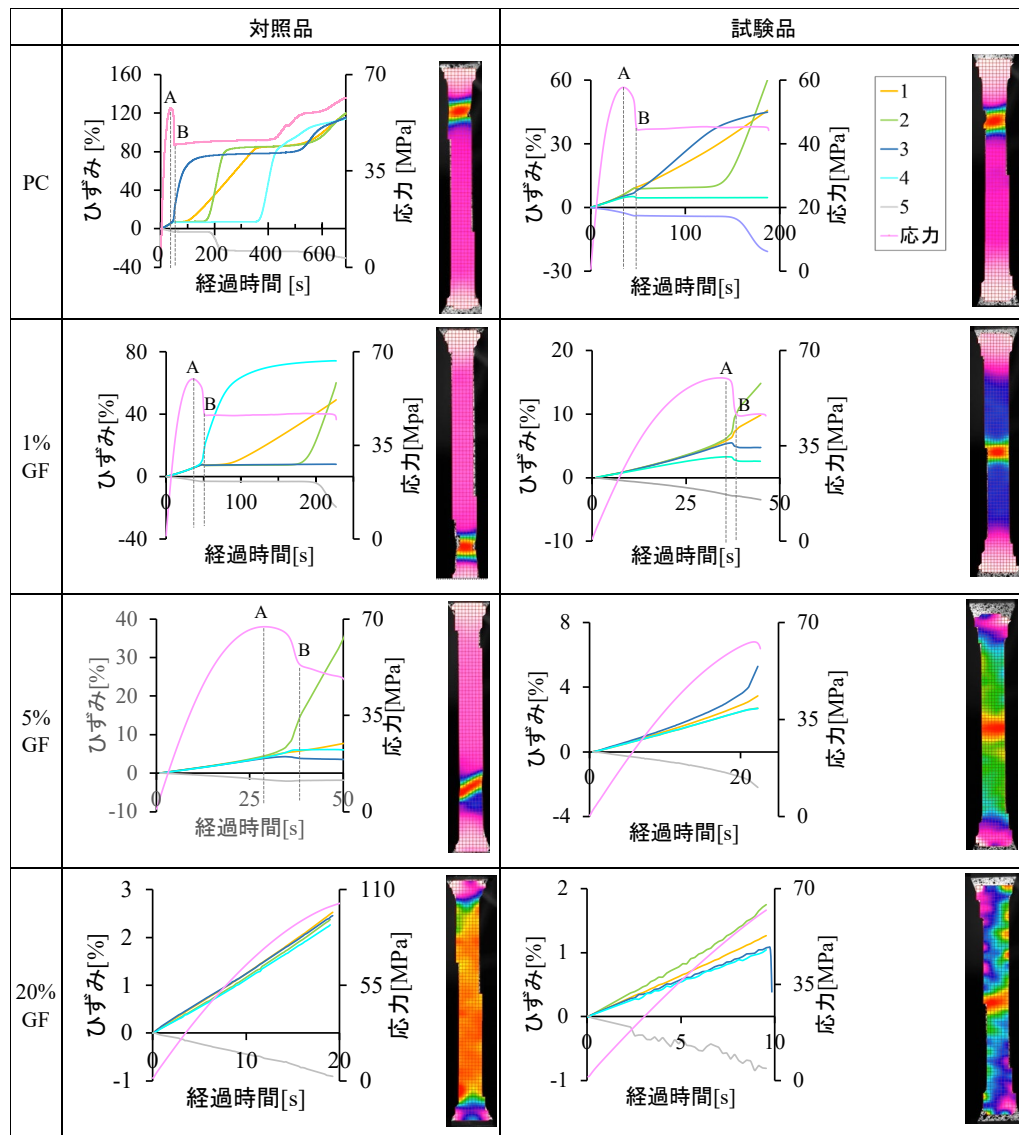


図3 ひずみ及び応力の経時変化とひずみ分布図

キングは起きなかった。引張応力は、GF1%と5%ではPCと大きな差はないが、20%GFではPCに比べ6割増大したり。GFを配合することで樹脂の流動性が低下し、配向しにくくなる半面、GFにより剛直な骨組みが形成される。GFRPとしての剛直性を期待して用いる場合、GF数%では不足であり、一般に流通する20%程度は必要であることが示唆された。

GFの配合率が同じ試験片で比較すると、試験品では、対照品に比べて、短時間・低ひずみで破断した。ひずみ分布図を見ると、GF1%以上では中央に高ひずみ領域が現れた。中央の流動末端では樹脂ならびにGFが引張方向に直交して配向しているため、GFの配合率を上げても強度は増大しない。GFRPを成形する場合、樹脂流動が重要であり、金型の設計や成形条件を十分検討する必要がある。

4. まとめ及び今後の展開

ポリカーボネートの引張試験において、金型やGFの配合率を変えたときの、局所ひずみ及び応力の経時的変化をDICを用いて評価した。GFRPとしての剛直性を期待して用いる場合、GF数%では不足であり、一般に流通する20%程度は必要であることが示唆された。また、GFRPを成形する場合、樹脂流動が重要であり、金型の設計や成形条件を十分検討する必要がある。今回の結果は技術支援のためのデータとして蓄積する。

【参考文献】

1. 荒木真由美, 三浦 栄一, プラスチック成形加工学会 第36回年次大会要旨集, 2025