Evaluation of Effects of Temperature and Strain Rate on Strain Field in Uniaxial Tensile Test of Thermosetting Polymer

学 ○和久田 凌平 (阪市大) 正 内田 真 (阪市大)
正 兼子 佳久 (阪市大)

Ryohei WAKUDA, Osaka City University, 1-8-4, Utsubo-honmachi, Nushi-ku, Osaka
Makoto UCHIDA, Osaka City University
Yoshihisa KANEKO, Osaka City University

1 緒 言

樹脂複合材料の母材として使用される熱硬化性材料は室温下での力学特性は線形体としてモデル化されることが多い。しかし高温下や低ひずみ速度域においては顕著な非線形応答を示すため、幅広い力学環境下での力学特性を予測するためには、適切な非線形モデルの構築が不可欠である。

著者らの研究グループでは現在エポキシ試験片の低ひずみ域の繰返し応答や大ひずみ域の単軸引張応答を再現するために、分子間力の結合と分離に基づいた力学モデルを提案し、ひずみ速度や温度依存性の評価を進めている。これまで、同材料の繰返し単軸応答に及ぼすひずみ速度の影響を評価可能であることを示した⁽¹⁾。また、繰返し応答に及ぼす温度の影響に関してもモデリングを進めている⁽²⁾。

本研究では環境温度およびひずみ速度がエポキシ試験片の大ひずみ域における真応力と真ひずみの関係に及ぼす影響を高精度に評価するために、単軸引張試験を行いデジタル画像相関法によりひずみ場を評価する。

2 実験方法

熱硬化性樹脂として日新レジン(株)の低粘度エポキシ Z-1 を用いた。主剤と硬化剤を質量比 100:25 で混合し、(株)シンキー製の自転・公転型攪拌機 ARE-310 を用い、攪拌を 1000rpm で 1 分間、脱泡を 1400rpm で 1 分間実施し、試験片形状のシリコン型に流入した。その後、室温で 24 時間放置して試験片を硬化させ、さらに 120℃の恒温槽で再硬化させた。試験片形状は厚さ 1mm のドッグボーン型とした。

作製した試験片に対し、恒温槽を有する引張り試験機 IMC-18E0 型を用いて単軸引張試験を実施した。引張試験は Pressa2.1 を用いて制御し、変位速度 0.1, 0.3, および 1.0 mm/min で試験を実施した。ひずみ場に及ぼす周囲の温度の影響を調べるために、恒温槽の温度を 30, 35, 40, 45, および 50℃として試験を実施した。本研究では試験片のひずみ場を評価するため、デジタル画像相関法を用いた。デジタル画像相関法を用いる上で必要になる輝度分布を与えるために試験片に黒のスプレーを噴射し、デジタルマイクロスコブ(DMS300, ライカマイクロシステムズ(株))を用いて、変位速度により 5, および 30s 間隔で引張試験片表面におけるデジタル画像を取得した。

3 実験結果

変位速度 1.0 および 0.1 mm/min のときの周囲温度を変化させて引張試験をしたときの交渉応力と公称ひずみの関係を図 1 に示す。図からわかるように、最大応力に達するまでの傾きや最大応力値は温度の上昇に伴って減少していることがわかる。

図 2 に DIC より得られた負荷方向のひずみ分布を示す。30℃の場合、最大応力を示した後、すぐに破断したため、 $\epsilon_n=0.083$ の結果までを示している。温度が低ければ試験片全体がほぼ一様に変形していることがわかる。一方、50℃の結果では比較的早い段階からひずみが不均一に分布しており、変形の進行とともにそれが周囲に広がっていくことがわかる。得られたひずみ場から真応力と真ひずみの関係を取得し、力学モデルの構築を進める。

参考文献

- (1) Uchida, M, Wakuda, R and Kaneko, Y, Polymer, Vol. 174 (2019), pp. 130-142.
- (2) 和久田, 内田, 兼子, 日本機械学会, M&M, 2019 講論集, Paper NO.OS2104

Fig 1. Relationship between nominal stress and strain

Fig 2. Distribution of strain in loading direction.

(a) 30℃, 1mm/min, (b) 50℃, 1mm/min