

Application News

No.i247

材料試験機
Material Testing System

材料試験におけるひずみ分布の可視化 ～ DIC 解析～

The Strain Distribution of Visualization in Testing Materials ~ DIC Analysis ~

はじめに

Introduction

材料試験において、試験対象に発生するひずみ分布を解析する必要性が高まっています。この背景の一例としては、近年、コンピューター上で製品設計シミュレーションを行うことで試作品製作の回数やコストを大幅に圧縮できる CAE (Computer Aided Engineering) 解析技術が科学・産業分野で広く利用されていることにあります。対象となる製品等のひずみが集中しやすい部分を機械試験において解析し、シミュレーション解析結果と機械試験で得られたひずみ分布との相関を明確化することが求められています。

DIC (Digital Image Correlation) 解析は物体表面のランダムパターンを物体の変形前後で比較し、対象物の変形量等を調べる手法です。デジタル画像から変位の計測やひずみ分布解析が可能であり、試験対象にセンサーを接触させる必要がないこと、複雑な光学系が不要であることが特徴です。そのため、DIC 解析は大型構造物や高温下における部材、顕微鏡下における微小部材のひずみ分布解析といった、従来の技術^{*1}では測定困難であった状況下で使用されるなど、広い分野で応用展開されています。

本稿では CFRP と ABS 樹脂の高速引張衝撃破壊において DIC 解析を実施した例をご紹介します。

T. Murakami

*1 これまで対象物のひずみ分布を測定する際には、多数のひずみゲージを対象物に直接貼り付ける方法などがとられてきましたが、この方法が微小なサイズの対象物に適用できないこと、貼り付け作業が煩雑であること、これにくわえて接触式センサーに影響を受けやすいフィルム等のひずみ計測が困難であるなどのデメリットがありました。

試験条件

Test Conditions

Fig. 1 に CFRP 高速引張試験に用いた装置を示します。また Table 1 に試験条件、Table 2 にサンプル情報を示します。本実験の際には高速引張試験機 HITS-T10 の複合材料用特形つかみ具に試験片を取り付け、試験片の破壊動画データを採取するために高速度ビデオカメラ HPV-2A をその試験空間前方に設置し、カメラの撮影開始信号として高速引張試験機の変位信号を使用しました。動画データ採取後、これを DIC 解析ソフト StrainMaster (LAVISION GMBH.) に取り込み、サンプルに発生したひずみ分布を解析しました。

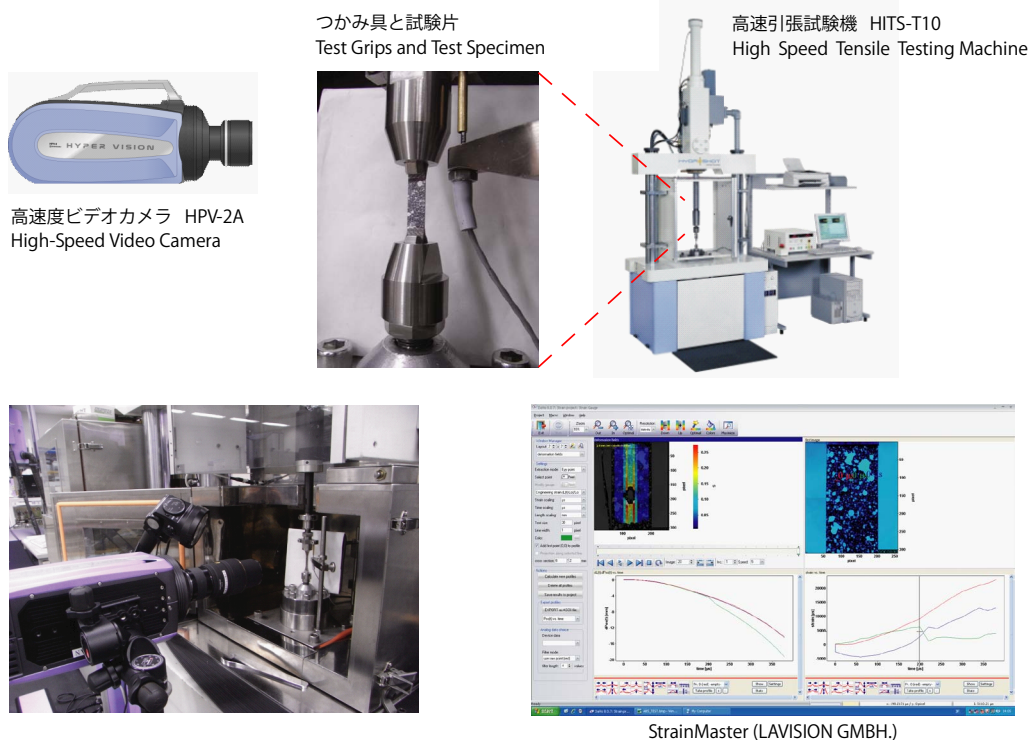


Fig. 1 試験装置系
Testing Apparatus

Table 1 試験条件
Test Conditions

使用装置	高速引張試験機HITS-T10 高速度ビデオカメラ HPV-2A
試験力測定	10 kNロードセル
試験速度	10 m/s
つかみ具	複合材料用特形つかみ具
サンプリング	250 kHz
撮影速度	500 kfps
光源	ストロボ
DIC解析	StrainMaster (LAVISION GMBH.) 協力:丸文株式会社

Table 2 サンプル
Samples

サンプル (寸法)	CFRP-OH ^{*2} 積層方法 [0/90] _{2s} ^{*3} (孔径φ1 mm, W8×t0.4 短冊) ABS樹脂 (ASTM L形試験片 全長 60 mm, 平行部 3.2 (W) × 3.2 (T) mm)
マーキング	CFRP-OH ^{*2} : 白色ランダムパターン ABS樹脂: 黒色ランダムパターン

*2 OH: Open Hole の略。CFRP 板材に孔加工を施したものです。
*3 本実験で用いた CFRP 積層材は 1 方向に繊維が配向したプリプレグを積層させて作製しています。表中 [積層方法] にある [0/90]_{2s} は 0° 方向と 90° 方向にプリプレグを 2 組分積層させていることを表しています。

本試験においては、高速引張試験機 HITS-T10 と高速度ビデオカメラ HPV-2A を同期させ、サンプルが破断する瞬間の動画を撮影しています。サンプル表面には試験前にあらかじめランダムパターンを塗料スプレーで作製しており、ランダムパターンの移動量から試験片に発生したひずみ分布を DIC 解析によって可視化しました。

試験結果 Results

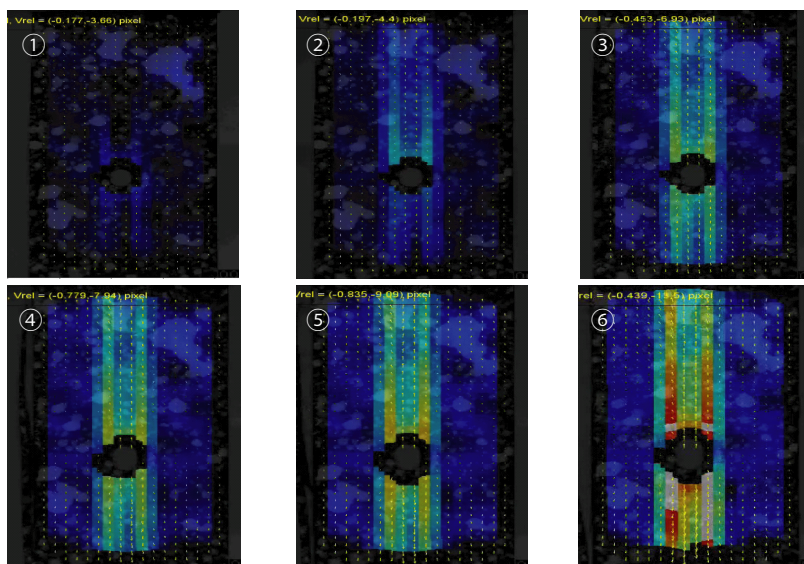


Fig. 2 CFRP-OH 試験片の DIC 解析結果
The Results of DIC Analysis in CFRP-OH Specimen

Fig. 2, Fig. 3 に CFRP-OH と ABS 樹脂試験片の引張試験における DIC 解析結果を示します。画像は引張試験開始から試験片が破断するまでに得られた解析結果のうち代表的なものを経時順 (画像の順列は画像中の番号に対応) に抽出しており、試験片に発生したひずみ分布が画像に色づけされてあらわされています。試験片に発生したひずみ量と色の暖色度は対応関係にあり、ひずみ量が小さい部位は暗い色 (黒・青色など)、ひずみ量が大きい部位は明るい色 (オレンジ色・赤色など) で示されています。Fig. 2 においては試験片に負荷が加わるにつれて OH 近傍でひずみが増大しているのがわかります。試験片は [0/90]_{2s} の積層材であることから、ランダムマーキングを施した試験片表層には、引張方向に繊維が並んでいる層が配置されていたと考えられます。

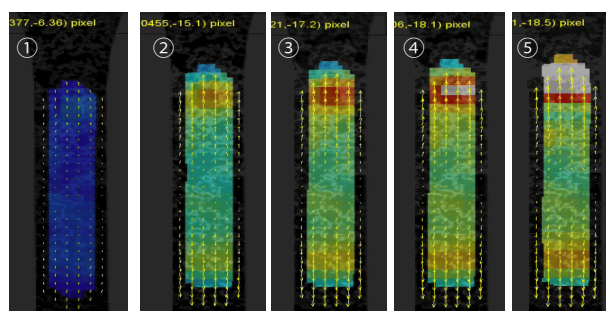


Fig. 3 ABS 樹脂試験片の DIC 解析結果
The Results of DIC Analysis in ABS Resin Specimen

Fig. 3 においては、試験片の平行部端から局所ひずみが発生し、時間の経過とともに平行部上端と下端に局所ひずみが発生していることがわかります。

以上のように、高速引張試験機と高速度ビデオカメラ、さらに DIC 解析ソフトウェアを組み合わせることによって、試験片に発生するひずみ分布の可視化が可能になりました。