413 CCD イメージセンサを用いた薄肉材料の大変形引張試験モニタリングの開発

On large elongation monitoring for tension test
of thin materials using CCD image sensors

○ 河野 文則 (芝浦工大院)

正 岡本 紀明 (芝浦工大院)

学 染谷 仁也 (芝浦工大院)

Noriaki OKAMOTO, Shibaura Institute of Technology, Shibaura 3 - 9 - 14, Minato - ku, Tokyo

Fuminori KOUNO, Graduate School, Shibaura Institute of Technology

Yosinari SOMEYA, Graduate School, Shibaura Institute of Technology

This paper deals with large elongation monitoring using CCD image sensors for tension test. As results of typical tests, are examined true stress-strain diagrams of aluminum sheet material and thin PC material as well as effect of tension speed on thin diagrams. As a result, they show that the present monitoring is useful for various kinds of thin materials.

Key words : CCD image sensors, Thin PC material, Thin materials, True stress-strain

1. 緒言

福祉・医用ロボットでは、人間と活動空間を共有する必要があるため、予測できない衝突などに対する安全対策が必要となる。その一つとして構造の座屈などで衝突エネルギーを吸収することが考えられる。そのような構造に適した材料を選択するためには、引張試験中における薄肉構造材料の大ひずみが計測可能なシステムが必要である。薄肉材料、特に高分子材料のゴム等の柔軟体の変位計測の場合、ひずみゲージのような接触計測は変形を妨げるので不向きである。そこで、手軽に入手できる CCD イメージセンサ式のレーザ寸法測定器を用いて、広範囲のひずみがモニタリングできるシステムを開発する。また、その実用性を確かめるためにアルミニウムシート材とポリカーボネイト材の引張試験を行い、検討した。

2. モニタリングシステムの開発

CCD イメージセンサによるレーザ寸法測定器(測定範囲 40 mm)を用いて薄肉構造材料の試験片における引張試験のモニタリングシステムを開発した。図 1 に原理図を、その外観を図 2 に示す。

まず引張試験機に、帯状レーザ光が出る投光部と受光部を左右に 2 組取り付け。次に、直径 1 mm、長さ 60 mm のピアノ線で出来た標点を試験片の標点上に上下 2 本接着し、帯状レーザ光に標点が当たるように、試験片をチャッキングする。この状態を伸び値ゼロとして引張試験を行ない、試験片が引張られて伸びた分だけ標点も移動するので、その移動量が左右 2 組の測定器からそれぞれ得られる。

標点子の回転による誤差を防ぐために得られた左右の測定

Fig. 1 Elongation monitoring system for tension test

結果の平均を取ることで高精度測定が可能になり、その値と標点間距離からひずみを求める。

引張試験中の振動に対するノイズを避けるために、左右測定部の相対距離を一定状態に保つように高剛性の固定装置の設計を行なった。

3. アルミニウム薄肉材の引張試験

3.1 試験片

試験片は板厚 0.10 mm のアルミニウムシートからチャックによる応力集中の影響を小さくするために平行部長さが 60 mm のダンベル形試験片を製作した。

標点間距離はレーザ光範囲内に収まるように 30 mm とした。標点を試験片の中心線に対し 2 本とも垂直になるように点接着して取り付ける。ここでは、引張試験時に試験片が左右一様に伸びるとは限らないことから、その影響を受け難くするために点で接着する方法を採用した。

この試験の引張速度を 1 mm/min とした。

3.2 試験結果

得られた真応力-真ひずみ線図を図 3 に、試験後の試験片外観を図 4 に示す。

左右の測定結果は 0.3% のひずみ付近で若干差があるが、全体的にはほぼ一致している。また左右の平均値と比較のため測定したひずみゲージによる値とは、ひずみ 0.15% までの弾性域では両者はよく一致していて、本測定方法の信頼性を裏付けている。ひずみが 0.15% 以上になると塑性変形⁽¹⁾が部分的に進行するようになるので、局所のひずみを計測するひずみゲージ法と本法では図のように差が出ている。

Fig. 2 Elongation monitoring system set in test machine

Fig. 3 True stress - strain diagrams of aluminum sheet material

Fig. 4 Aluminum specimen after tension test

4. 高分子材料の引張試験

4.1 試験片

試験片は、市販の板厚 0.5mm, 径 50mm のポリカーボネート製の円筒管から切り出して使用し、形状はダンベル形に製作した。チャッキング部は円弧状の影響を無くするためエポキシパテで埋めて平滑にした。高分子材料の試験では大きな伸びが予想されるので、レーザ光範囲以内に収まるように標点間距離は 20 mm にした。

この標点子の接着に用いた高機能弾性接着剤は、粘着接着機能を有した弾性接着剤であり、試験片の大変形にもはがれずに耐えるものである。この引張速度は 1 mm/min である。

4.2 試験結果

得られた真応力-真ひずみ線図を図 5 に示す。これは、延性高分子材料に見られる典型的な真応力-真ひずみ曲線を示している。応力が急上昇してピークに達し、インクラインドネック⁽²⁾ (傾いた変形帯と呼ばれている) が発生して、降伏が始まった。その後、この変形帯は試験片を斜めに横切った後に伸長軸に垂直な方向に向きを変えて、開始応力より低い一定応力下でネックとして試験片中を伝播⁽²⁾する様子が観察できた。

変形帯の傾き⁽²⁾は、平面応力下のミゼスの降伏条件と力の平衡条件から、 $\pm 54.7^\circ$ と言われ⁽²⁾本試験でも実際に確認できた。

この引張試験から、傾いた変形帯が標点間内の中央部分に発生する場合、右部と左部の測定結果の平均値により信頼性の高い計測結果が得られる。しかし、標点子の接着付近で発生した場合、傾いた変形帯が標点子の回転を起こし右部と左部の測定結果にみだれが生じる。したがって、左右の平均値を取ることが必要である。

5. ひずみ速度依存性

図 6 に示した同様の試験片で、引張速度を変えて引張試験を行った。その試験速度の影響を図 7 に示す。この結果から引張速度⁽³⁾が速い方が、弾性率や降伏強さが増大していることが分かる。

Fig. 5 True stress - strain diagrams of thin PC materials

Fig. 6 PC specimen after tension test

Fig. 7 True stress - strain curves of PC versus tension speeds

6. 結言

- 1 ひずみゲージを用いた弾性範囲の測定結果と比較し本方法は、高精度で信頼できる測定方法であることが確認できた。
- 2 アルミニウムのような微小変形する金属材料から大変形する高分子材料まで、幅広い変形の測定が可能である。

参考文献

- (1) 野田 直剛・中村 保, 基礎塑性力学, (1991), 11-12, 日新出版株式会社
- (2) 横堀 武夫・成沢 郁夫, 高分子材料強度学, (1982), 79, 株式会社オーム社
- (3) 小野木 重治, 高分子と複合材料の力学的性質, (1983), 163, (株) 化学同人