

## 自動車用ゴム部品の二軸引張試験

日大生産工 高橋 進

鬼怒川ゴム工業 神馬 弘至

### 1 緒言

自動車のシール部品には、ゴム材料が多く適用されている。自動車の部品開発における期間短縮のために、事前に数値シミュレーションが適用されているが、ゴム材料の変形解析は鉄鋼材料と比較して精度が良くなく、その向上には材料特性計測の精度向上が必要である。ゴム部品の多くは、シール特性等を確保するために、大変形させて使用されている。

通常、ゴム材料における、大変形解析を行う場合、引張、せん断、および圧縮の応力-ひずみ関係の材料特性が必要となる。しかしながら、一般的な圧縮試験では円柱形状の試験片を平面の圧子で圧縮するため、荷重が大きくなるに連れて試験片が樽型変形（バルジング）する。これにより、中心軸に垂直な断面における垂直応力が均一にならず、正確な応力が測定できない。その結果、実験データに基づいて構築された材料モデルの精度は低下する。

そこで、本研究では、圧縮試験と等価な等二軸引張試験に置換<sup>1,2)</sup>することで、誤差をなくし、応力-ひずみ関係の精度向上による変形解析の精度向上を目的とする。

### 2 試験片及び試験装置

#### 2.1 試験片

二軸引張試験でゴムのひずみ量を計測するにあたり、開発した二軸引張試験機に治具を装着することで、ゴムを引張可能とする。試験片形状を Fig.1 に示す。試験片は正方形のひずみ測定部及び、各辺に3箇所タブがあり、タブ部(板厚 3mm)はひずみ測定部(板厚 1mm)よりも厚く、当該タブ部を試験装置のチャックに引っ掛け、引張ることが可能な形状となっている。

また Fig.1 の試験片を FEM 解析によって引張試験を仮想的に行ったところ、試験片中央部で均一なひずみを確認している。

本実験で使用した試験片は 09EY-51 及

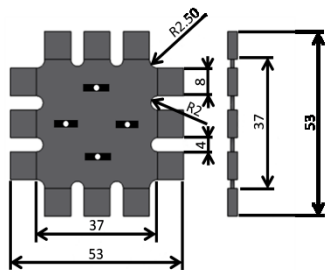


Fig.1 Dimensions and shape of specimen

び防振材の試験を行った。

試験片のひずみ測定は、試験片の中央に十字に線を引き、その線上に 20mm 間隔に標点を取り付け、試験中の標点の動きをカメラで撮影し、試験後に画像処理によりひずみを算出した。

#### 2.2 試験装置

本実験で使用した新たに開発した試験装置を Fig.2 に示す。4 個のチャックにて試験片の 12 か所を固定する。試験装置は 10t の材料試験装置に装着し、下方への力を加えることにより引張試験を行う。材料試験装置のクロスヘッドを降下させると図中の丸部分が降下し、アーム部がリンク機構になっているため 4 箇所のチャックが同時に外方向にスライドする。それにより試験片に等二軸の引張荷重を作用させる。また、2 箇所のチャックには 500N のロードセルが取り付けられており、データロガーに接続して引張荷重を計測する。開発装置では、部品をアルミニウム合金化することにより従来機の 1/3 の 206N となり大幅な軽量化を行った。

二軸引張試験装置の形状上、標点の真上に標点撮影用カメラの設置ができない。そのため、鏡を試験片の上部に 45° の角度で設置し、鏡を通した映像を撮影していたが、新試験機では真下から直接標点を撮影できるように改良した。

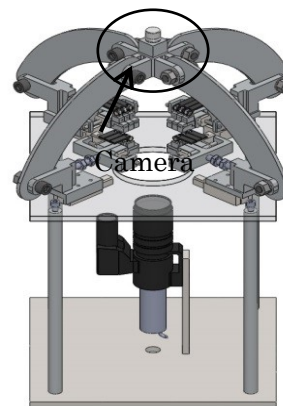


Fig.2 Biaxial tensile apparatus

#### 2.1 試験治具

試験片を試験装置に装着するチャックを Fig.3 に示す。中央のチャックは固定されており、両サイドが可動式となっている。引張に伴って、試験片も拡大するため、それに応じてチャックも可動する構造となっている。

しかしながら、従来のチャック部 (Fig.3) で

Biaxial tensile test of automobile rubber parts

Susumu TAKAHASHI, Hiroshi JINMA

は、110mmの部分の寸法が長いために、隣のチャックと干渉し、試験片に張りが無い状態で装着することが困難であり、測定精度に影響したと考えられた。そこで、隣のチャックとの干渉を防ぐため寸法を短く(100mm)した。Fig.4に新開発のチャックを示す。また、材料はアルミニウム合金であり、薄肉化をしても大幅な軽量化の期待は出来ないと考え、コスト削減を重視して不必要な加工を省いた。また、装着する時間の短縮を目的として従来のボルトを使用して試験片を装着するチャックから、カムレバーを使用するチャックへ変更し、ワンタッチでの試験片装着を可能とした。

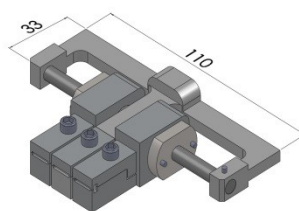


Fig.3 Old chuck

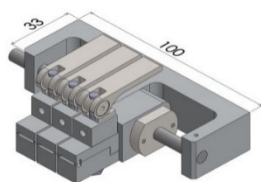


Fig.4 New chuck

### 3 試験結果

本試験では、従来行っていた試験方法と異なりひずみを段階的(20%,40%,60%,80%)に引き上げていく試験方法で行った。サイクリック試験の試験結果例をFig.5からFig.8に示す。

最初に、試験片の最大まで引張ることが可能なひずみを調べるために破断まで試験片を引張り、確認を行った。

実験結果より最大応力は、どの最大ひずみの結果でも引張サイクルが進むに伴って減少した。特に、1サイクル目から2サイクル目にかけての応力減少が大であった。

試験のサイクルが進むに伴って応力が減少した事に関して考察する。本実験は一定の速度で荷重を与えた後、一定の速度で荷重の除荷を行っている。これにより、マリンス効果(Mullins effect)が現れたと考えられる。今回の実験より、マリンス効果は1と2サイクル目の間で最も大きく発現することがわかった。

また段階的にひずみ値を上げて実験を行ったが、ひずみが大なほど大きなマリンス効果が確認できた。これはひずみが小さいときは試験力も小さいので2回目以降の応力の差が少なかったと考えられる。

### 4 結言

- 1) 新たに設計したチャック部により、再現性のある計測が可能となり、試験片の装着時間を短縮することにも成功した。
- 2) 軽量コンパクト化した二軸引張試験装置では直接標点を撮影することができるようになったために安定した測定が可能となった。
- 3) どの段階のひずみでもマリンス効果が確認できた。

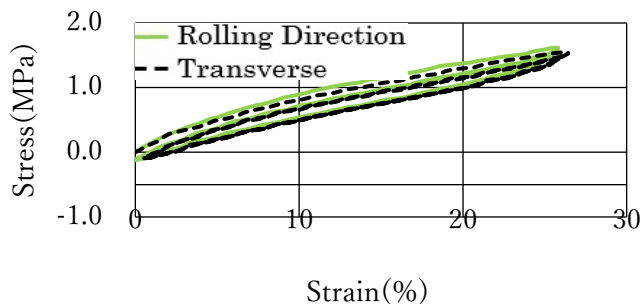


Fig.5 Stress-strain curves (Maxstrain 20%)

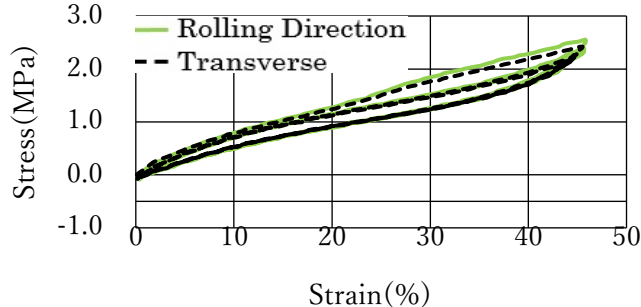


Fig.6 Stress-strain curves (Maxstrain 40%)

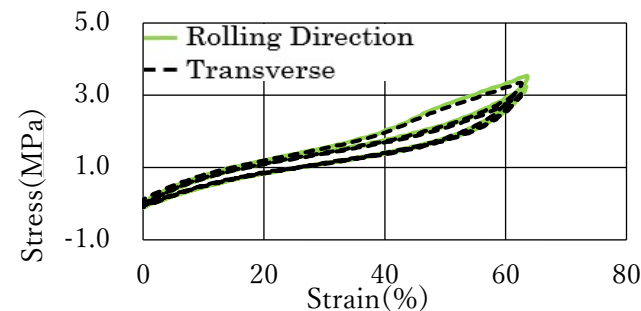


Fig.7 Stress-strain curves (Maxstrain 60%)

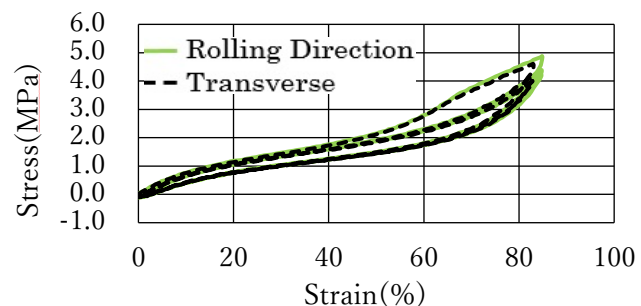


Fig.8 Stress-strain curves (Maxstrain 80%)

### 「謝辞」

本研究で多大なる支援を頂いた、日本大学生産工学部自動車工学リサーチ・センターに深く感謝申し上げます。

### 「参考文献」

- 1) 神馬弘至, 高橋進, 成形加工シンポジウム'11, (2011), p.143-144.
- 2) 高橋進, 宮崎辰也, 伊藤貴也, 神馬弘至, 成形加工シンポジウム'11, (2011), p.145-146.