

## 成形シミュレーションの精度向上を目的とした高張力鋼板の材料特性データ取得

## - バウシンガー効果の測定 -

材料科 柳原茉由 加用敦也 高木 誠\* 菅野尚子

## Acquiring Material Property Data for High-Strength Steel Plates to Improve the Accuracy of Forming Simulations

## - Measuring the Bauschinger Effect -

YANAGIHARA Mayu, KAYO Atsuya, TAKAGI Makoto and KANNO Naoko

Keywords : high strength steel plates, simulation, Bauschinger effect, material property

本研究は、高張力鋼板（ハイテン）のプレス成形シミュレーションを高精度で行うために必要な材料特性データの取得を目的としている。圧延方向に対して $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ に切り出した 1180 MPa 級ハイテンそれぞれの 5 号試験片（JIS Z 2241:2022）を用いてバウシンガー効果評価試験を行い、材料特性データを取得した。その結果、引張後の圧縮、圧縮後の引張で共通して耐力が低下していること、バウシンガー効果には圧延方向に対する異方性の影響が小さいことが確認できた。

キーワード：高張力鋼板、シミュレーション、バウシンガー効果、材料特性

## 1 はじめに

自動車産業では、脱炭素化に向けて車体の高強度化、軽量化が求められている。これに対応するため、板厚を減らしても強度を確保できる高張力鋼板（ハイテン）の利用が増加している。しかし、ハイテンは高強度・低延性であるため成形性が悪く、特にプレス加工時にスプリングバックが生じ、設計通りの形状を得ることが難しいという課題がある。したがって、金型製作時に成形シミュレーションの活用が進められているが、精度向上のためには、引張強さ、耐力、伸び等の材料特性値に加え、バウシンガー効果を把握することが重要である。実際に、飛田らは、ハイテンを対象とし、バウシンガー効果を考慮した有限要素法解析により寸法精度が向上したことを報告している<sup>1)</sup>。本研究では、1180 MPa 級ハイテンを対象に、バウシンガー効果の測定を行った。既往の研究において 980 MPa までのハイテンはバウシンガー効果に異

方性がないとされている<sup>2)</sup>が、1180 MPa 級の報告は無い。そこで本研究では圧延方向に対して 3 つの角度において測定を行った。

## 2 方法

供試材は圧延方向に対して $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ に切り出した 1180 MPa 級ハイテン（以下、 $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$  と呼ぶ）を用いた。試験片形状は 5 号試験片（JIS Z 2241:2022）とした。この試験片の材料特性値を表 1 に示す。試験機は精密万能材料試験機 AG-250kNXplus（株島津製作所製）を使用した。

バウシンガー効果評価試験は、精密万能材料試験機にバウシンガー効果測定ユニットを取り付け測定した。バウシンガー効果測定ユニットは、試験片の板厚方向に面圧をかけることで、圧縮時に座屈を防ぐ機構を持っている。荷重をかけた時の試験片のひずみはストレーンゲージ式伸び計 SG50-50SP（株島津製作所製）で測定した。応力反

\* 退職

転時に試験片に付与している予ひずみは引張試験の結果を踏まえ  $1\% \rightarrow -1\% \rightarrow 3\% \rightarrow -3\% \rightarrow 5\%$  とした。なお、正の値のひずみが引張方向、負の値のひずみが圧縮方向を示している。試験速度は  $1.0\text{ mm/min}$  とした。また、チャック時の締め付けトルクを  $60\text{ Nm}$ 、面圧を  $15\text{ MPa}$  とした。

各予ひずみを与えたときの  $0.2\%$  耐力と弾性率を求めた。弾性率は応力反転後、ひずみ量が  $0.1\% \sim 0.2\%$  変化した範囲で近似曲線を引いて求めた。また、近似曲線と  $x$  軸の交点からひずみ量を  $0.2\%$  移動させた直線と、試験で得られた点群の交点を  $0.2\%$  耐力とした。

表 1 5号試験片の材料特性値

| 試料名        | 引張強さ<br>(MPa) | $0.2\%$ 耐力<br>(MPa) | 伸び<br>(%) | r 値   |
|------------|---------------|---------------------|-----------|-------|
| $0^\circ$  | 1267          | 942                 | 9.75      | 0.712 |
| $45^\circ$ | 1255          | 952                 | 9.60      | 0.883 |
| $90^\circ$ | 1258          | 972                 | 8.50      | 0.752 |

### 3 結果および考察

圧延方向に対して  $0^\circ$  の試験片についてバウシンガー効果評価試験の結果を図 1 に示す。 $45^\circ$ 、 $90^\circ$  の場合もほぼ同じ結果が得られた。

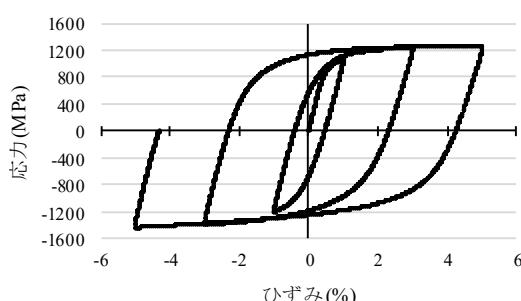


図 1 圧延方向に対して  $0^\circ$  の  $1180\text{ MPa}$  級ハイテンのバウシンガー効果評価試験結果

次に、試験片に各予ひずみを与えたときの  $0.2\%$  耐力を求めたものを図 2 に示す。横軸は絶対値とした。共通して、予ひずみが大きいほど  $0.2\%$  耐力は小さくなることが確認できた。また、引張後の圧縮、圧縮後の引張で  $0.2\%$  耐力が低下しており、バウシンガー効果を確認できた。以上のことから、バウシンガー効果は圧延方向に対する異方性の影響が小さいことが確認できた。

影響が小さいことが確認できたため、シミュレーションにおいては今後一方向のみのデータを用いれば良いと考えられる。

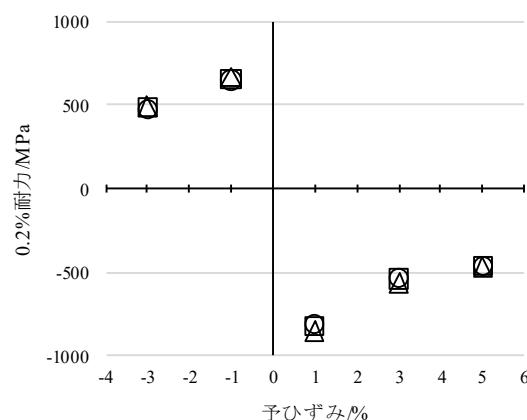


図 2  $0.2\%$ 耐力点と予ひずみの関係

○  $0^\circ$  □  $45^\circ$  △  $90^\circ$

### 4まとめ

金型製作時に成形シミュレーションの精度向上のために、圧延方向に対して  $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$  に切り出した  $1180\text{ MPa}$  級ハイテンのバウシンガー効果評価試験を行った。結果、引張後の圧縮、圧縮後の引張で共通して耐力が低下していること、バウシンガー効果は圧延方向に対する異方性の影響が小さいことが確認できた。

### 謝辞

本研究の試験片作製にあたり、はままつ超ハイテン研究会の皆様に御協力いただきました。感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 飛田隼佑 他：バウシンガー効果活用による自動車部品の寸法精度変動低減技術の開発. 塑性と加工, 60 (701), 155-160 (2019)
- 2) 澄川智史 他：弾性および塑性異方性とバウシンガー効果を考慮した材料モデルによるスプリングバック予測精度向上. 塑性と加工, 55 (645), 949-953 (2014)