

## 自動車用鋼板のプレス成形速度が材料特性に及ぼす影響

日大生産工(院) ○桑原 文哉 日大生産工 高橋 進  
日大生産工 鈴木 康介

## 1. 緒言

現在、地球温暖化が世界的な問題となっており、日本におけるCO<sub>2</sub>総排出量は11億トンで、その16%は自動車が占めている。そのため地球環境負荷低減のために自動車の排ガス抑制が求められ、車体軽量化が進められている。そこで軽量化板材である高張力鋼板およびアルミニウム合金板が適用されている。高張力鋼板は普通鋼板と比較してスプリングバックが大きく、金型見込みが困難になるため開発に多大な時間が必要である。

このため、金型形状の検討に数値シミュレーションが使用されているが、そこで使用されているパラメータは一般的にひずみ速度 $10^{-3} \text{ s}^{-1}$ オーダーでの引張試験結果により同定された特性が使用されている<sup>1)</sup>。それに対して、プレス成形において材料に発生するひずみ速度は $10^1 \text{ s}^{-1}$ と速く、ひずみ速度の影響で応力とひずみの関係に変化があり、シミュレーション結果への影響が考えられる。

本研究では、自動車用鋼板におけるひずみ速度依存性を確認するために、汎用の引張試験機と、サーボプレスを用いた高速引張試験方法を組み合わせ、ひずみ速度を $10^{-3}$ から $10^1 \text{ s}^{-1}$ の範囲で引張試験を行った。その結果、自動車用鋼板における応力-ひずみ関係と成形性を表す指標の1つであるr値に及ぼすひずみ速度の影響を明らかにしたので報告する。

## 2. 試験方法

## 2.1 試験片

供試材は自動車に用いられる軟鋼板 (JSC270E)と高張力鋼板 (JSC980Y)を使用した。公称板厚は両試験片ともに1.0 mmである。試験片の規格はJIS13B号を適用した。Fig. 1に使用した試験片形状を示す。

試験片のチャック固定部に穴加工をした理由として、980 MPa材などの高強度の板材は、

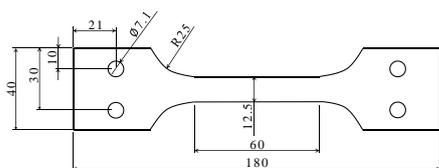
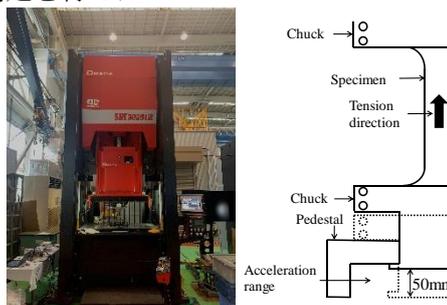


Fig. 1 Dimensions of test piece

引張試験用のチャックの締め付け力が弱く引張試験中にチャックから抜ける現象があった。そこで試験片とチャック内のくさびの両方に穴を加工し、これらの穴にピンを通すことによって試験片とくさびを一体化させチャックから抜けることを防いだ。

## 2.2 試験装置

通常の引張試験機では最大のひずみ速度が、 $10^{-1} \text{ s}^{-1}$ と遅いため、試験を行うにあたり最高 $10^1 \text{ s}^{-1}$ のひずみ速度を達成し、高精度な試験を行うことが可能なサーボプレス機を使用した。Fig. 2 (a)に示すアマダ社製サーボプレス機 (SDE-3030iIII, 定格出力3000kN) にFig. 2 (b)に示す治具を設置した。高速引張試験では引張初期の速度不足が懸念される。そこで試験片に荷重が作用するまでにチャック部分が加速出来る様に50 mmの加速域を設けた。スライドが設定した速度まで加速し台座に接触すると、試験片に引張力が作用する。また、チャックの上部にロードセル (共和電業製 LUK-A-100KN) を取り付け、荷重を測定した。試験片に評点間距離が50 mmになるように評点を接着し、高速度カメラ (ナック社製MX-5) を使用して評点を撮影し、画像解析ソフト (キーエンス社製 VW-9000) を用いて画像処理を行い、評点の変位から伸びの測定を行った。



a) Servo press b) Jig for tensile test  
Fig. 2 Experiment apparatus

## 2.3 試験条件

試験条件試験片の中心軸の方向は圧延方向 (RD), 圧延45°方向 (DD), 圧延直交方向 (TD) として各3本ずつ試験を行った。ひずみ速度が $10^{-3}$ から $10^1 \text{ s}^{-1}$ の範囲で試験を行った。 $10^{-3}$  から $10^{-2} \text{ s}^{-1}$ の範囲では島津製作所製オートグラフ (AG-X100kN) を使用し、 $10^{-1}$ から $10^1 \text{ s}^{-1}$ の範囲

では2.2節で述べたサーボプレス機を用いた高速引張試験方法により計測を行った。

#### 2.4 $r$ 値の測定

$r$ 値は板材が深絞り加工に適しているかを示す指標であり値が大きいほど深絞り加工において深い成形品が加工可能となる<sup>2)</sup>。 $r$ 値は試験片のひずみを画像解析ソフトを用いて評点の変位から求めることで計算した。Fig. 3に試験片に貼付した評点の位置と評点間距離を示す。試験片中心部に縦横10 mmの評点間距離を設け軸方向のひずみは評点間距離 $l$ より、幅方向のひずみは評点間距離 $b$ より求めた。 $r$ 値は、算出した各方向のひずみと下式より計算した。

$$r = \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_b + \varepsilon_l} \quad (1)$$

$\varepsilon_b$ : 幅方向の対数ひずみ  
 $\varepsilon_l$ : 軸方向の対数ひずみ

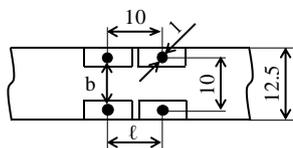


Fig. 3 Position of evaluation points for measuring  $r$ -value

### 3. 試験結果及び考察

JSC270Eの各ひずみ速度でのRD方向の応力-ひずみ線図をFig. 4に示す。同図からひずみ速度の増加に伴い、引張強さが大きくなる事が分かる。

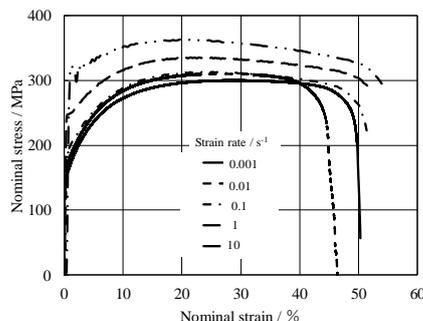


Fig. 4 Nominal stress strain curves of JSC270E

ひずみ速度依存性を確認するため、ひずみ速度 $10^{-3} \text{ s}^{-1}$ における引張強さで各ひずみ速度での引張強さを除して無次元化した値をFig. 5に示す。同図からひずみ速度 $10^{-3}$ から $10^1 \text{ s}^{-1}$ での各方向の引張強さを比較すると、JSC270Eの方が引張強さの増加率が大きいことが分かる。この結果から引張強さのひずみ速度依存性はJSC270Eの方が大きいことが確認できた。このことから試験速度の増加に伴ってスプリングバックが大きくなると考えられる。また各方向の引張強さを比較すると、各方向での引張強さ

の差は少なく、材料の異方性がひずみ速度依存性に及ぼす影響は少ないことが分かった。

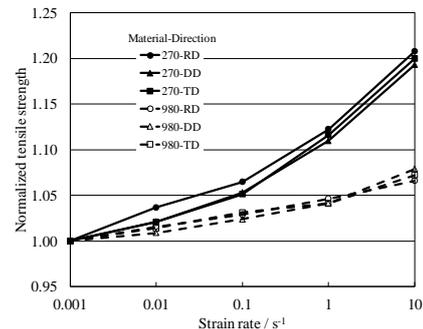


Fig. 5 Relationship between normalized tensile strength and strain rate

各ひずみ速度での $r$ 値をFig. 6に示す。同図から軟鋼板ではひずみ速度依存性が見られないが、高張力鋼板ではひずみ速度の増加に伴い $r$ 値が小さくなる。これより高張力鋼板は加工速度が速いほど深絞り加工が困難になる事が分かる。

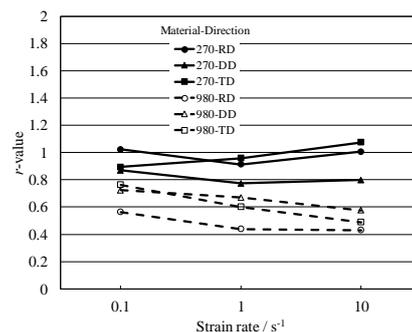


Fig. 6 Relationship between  $r$ -value and strain rate

### 4. 結言

自動車用鋼板をプレス成形時に相当するひずみ速度で引張試験を実施することにより、下記の知見を得た。

- 1) ひずみ速度の増加に伴い引張強さが増加することから、プレス成形速度での応力のひずみ速度依存性を確認することができた。JSC270E と JSC980Y を比較すると JSC270E の方が応力のひずみ速度依存性が大きかった。
- 2) 各方向の引張強さの比較から各方向での引張強さの差は少なく、材料の異方性がひずみ速度異方性に及ぼす影響は少ないことが分かった。
- 3) 高張力鋼板は、ひずみ速度が速いほど  $r$  値が低くなることが分かった。

#### 参考文献

- 1) 揖斐敏夫, JIS ハンドブック鉄鋼 I, 日本規格協会, (2021), p. 331.
- 2) 林央, 難成形材のプレス加工, 日刊工業新聞社, (2010), p. 38.