

## 高速引張試験における自動車用鋼板の材料特性値の変化

日大生産工(院) 磯野 佑介 日大生産工 前田 将克  
日大生産工 鈴木 康介 日大生産工 (非常勤) 高橋進

### 1. 緒言

近年、地球温暖化が国際的な問題となっており、環境負荷低減のために自動車の走行時の排ガス抑制が求められ、車両の軽量化が進められている。軽量化板材である高張力鋼板の車体への適応が進められているが、当該材料は普通鋼板に比べ強度が高く、スプリングバックが大きくなるため金型開発に多大な時間とコストが必要である。現在、金型形状の検討には数値シミュレーションが使用されているが、使用されている材料パラメータは一般的にひずみ速度 $0.001s^{-1}$ の試験結果により同定されたものが使用されている。これに対しプレス成形時の材料に作用する最大ひずみ速度は $10s^{-1}$ であるため、ひずみ速度の上昇に伴い材料特性に変化が発生した場合は、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、自動車用鋼板に対してひずみ速度を変化させ引張試験を実施し、ひずみ速度による材料特性値の変化について検証した。また、その結果を用いて、プレス成形シミュレーションを行い、材料特性が成形結果に及ぼす影響を検討したので報告する。

### 2. 試験材料

試験片材料は、自動車用の車体に用いられる270MPa, 780MPa級鋼板を使用した。試験片形状はJIS13B号を使用し、板厚は1.2mmとした。試験片形状をFig.1に示す。試験片切り出し方向は、圧延方向で行った。

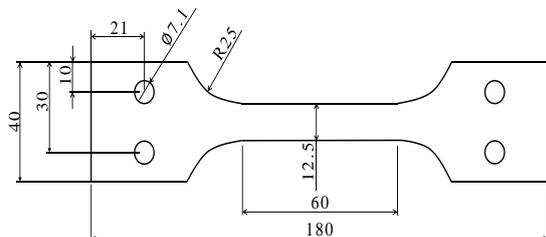


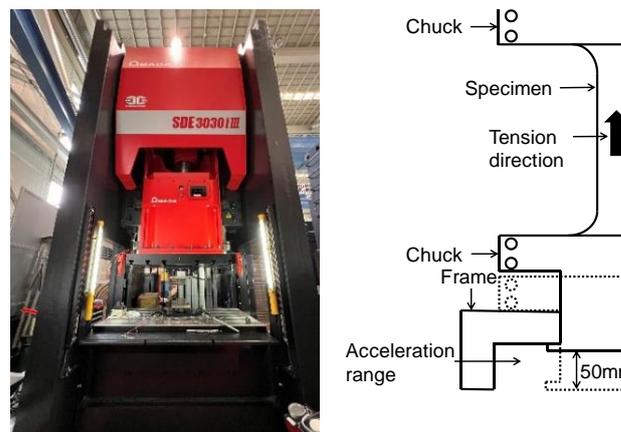
Fig.1 Specimen shape (JIS13B)

### 3. 試験方法

#### 3.1 引張試験方法

通常の金属材料の引張試験では最高ひずみ速度

が $0.1s^{-1}$ と低いため、試験装置として最高 $10s^{-1}$ の初期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 3000 kN) 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設定の速度まで加速出来る様に50 mmの加速域を設けた。プレススライドが設定した速度まで加速しチャックがフレームに接触すると、試験片に引張力が作用する。また、チャックの上部に共和電業社製のロードセル (LUK-A-100KN) を取り付け、荷重を測定した。2鋼種においてひずみ速度が0.1, 1,  $10s^{-1}$ で各3本ずつ試験を行い、応力-ひずみ線図を求めた。



a) Servo press

b) Jig for tensile test

Fig.2 Experiment apparatus

#### 3.2 ひずみ測定方法

DIC(Digital Image Correlation)による測定を行うため、試験片表面にスペックルパターンと呼ばれるランダムな斑点模様をスプレー塗料で塗布した試験片を Fig.3 に示す。引張試験中の斑点塗布部をカメラ撮影し、画像をサブセットと呼ばれる微小領域に分割する。変形前と後でサブセットを探索することにより、サブセットの移動量が

## Changes in Material Property Values of Automotive Steel Sheets in High-Speed Tensile Tests

Yusuke ISONO, Masakatsu MAEDA, Kosuke SUZUKI and Susumu TAKAHASHI

ら変異を測定することができ、試験片に作用する変位やひずみを計測することが可能となる。

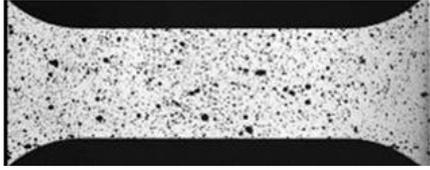


Fig.3 Speckle pattern on the tensile test specimen

#### 4. 試験結果

270MPa 級、780MPa 級ともに同じような速度依存性が見られたため、780MPa 級の各ひずみ速度の応力-ひずみ線図を Fig.4 に示す。ひずみ速度の上昇に伴い応力は増加していた。ひずみ速度が  $0.1s^{-1}$  の時の引張強さを基準とした際の、ひずみ速度の増加に伴う引張強さの増加率の変化を Fig.5 に示す。強度の低い鋼種ほど応力の増加率が高いことが分かる。この結果より、強度の低い鋼種ほどシミュレーション結果への影響が大きい可能性があると考えられる。

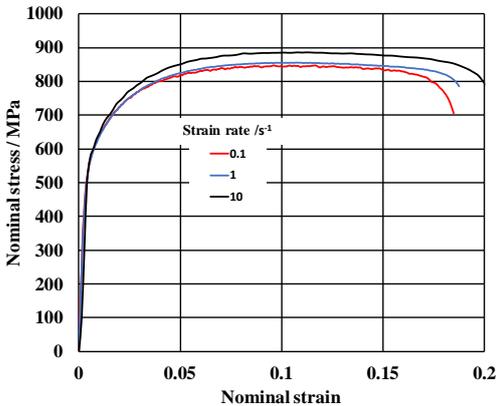


Fig.4 Stress-Strain in 780 MPa grade

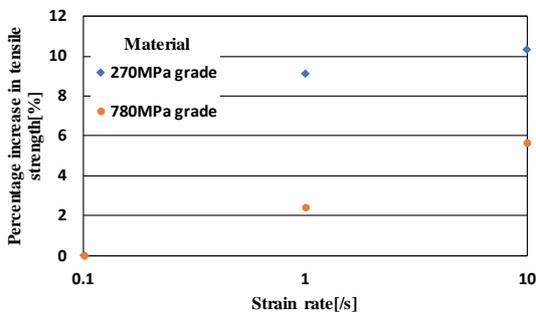


Fig.5 Relationship between rate of increase in tensile strength and strain rate

#### 5. プレス成形シミュレーション条件

成形シミュレーションでは、S字レールの成形

を行った。解析モデルを Fig. 6 に示す。Die, Punch, Blankholder は剛体とし、Blank は弾塑性体とした。解析ソフトとしては、板成形用の FEM 解析ソフトである JSTAMP/NV (JSOL 製) を用いた。引張試験結果から、応力-ひずみの関係の近似を式(1)で示される Swift 式で行った。ブランクホルダー力は 4900N、型とブランク間の摩擦係数は 0.12 とした。

$$\sigma = K(\epsilon_0 + \epsilon_p)^n \quad (1)$$

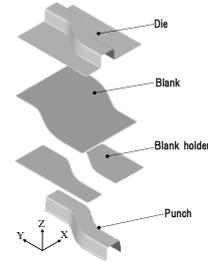
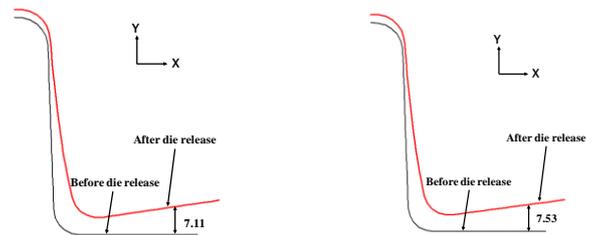


Fig.6 Analysis model of s-rail

#### 6. 解析結果及び考察

2鋼種ともに同様の傾向だったため、780MPa級のひずみ速度が  $0.1 s^{-1}$  と  $10s^{-1}$  の時のスプリングバック解析結果の最大変位を Fig.7 に示す。ひずみ速度が  $0.1 s^{-1}$  と  $10 s^{-1}$  の間で 780MPa 級では 5.9% のスプリングバックが増加した。また、270MPa 級では 6.2% のスプリングバックが増加した。この結果より、ひずみ速度の上昇に伴い、スプリングバックの増加率も大きくなることが分かった。



a) Strain rate  $0.1s^{-1}$

b) Strain rate  $10s^{-1}$

Fig.7 Simulation results of springback distribution in the z axis direction in 780 MPa grade

#### 7. 結言

高張力鋼板をプレス成形に近い速度で引張試験を行い、その結果を使用した成形シミュレーションより、下記のことが分かった。

- 1) ひずみ速度の上昇に伴い、引張強さが増加することが分かった。
- 2) 引張強さの増加及び、ひずみ速度の増加に伴い、成形シミュレーション結果のスプリングバックが大きくなることが分かった。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省: 運輸部門における二酸化炭素排出量, (2021-4)  
[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei\\_environment\\_tk\\_000007.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html)  
 (参照日時 2023 年 9 月 25 日)