

# 高張力鋼板における高速変形時の材料特性が 成形シミュレーションに与える影響

日大生産工(院) ○木末 隼人 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<sup>1)</sup>, 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. そのため, 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, そこで使用されている材料パラメータは一般的にひずみ速度  $0.001\text{s}^{-1}$  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  $10\text{s}^{-1}$  と速いため, 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.

そこで本研究では, 自動車用鋼板に対してひずみ速度を  $0.1$  から  $10\text{s}^{-1}$  の範囲で変化させ引張試験を実施した. その結果を用いて, プレス成形シミュレーションを行い, 高速変形時の材料特性の変化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

試験片の材質は, 自動車に用いられる高張力鋼板である JSC440W, JSC590Y, JSC980Y を使用した. 試験片の中心軸の方向は圧延方向とし, 板厚はそれぞれ  $1.6, 0.8, 1\text{mm}$  とした. 試験片形状の規格は, JIS13B号を適用した.

## 3. 試験方法

引張試験は高精度かつひずみ速度が  $10\text{s}^{-1}$  の高速での試験が可能なサーボプレス (SDE-3030iIII アマダ製) に, 開発した試験治具を装着して試験を行った<sup>2)</sup>. 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できるように  $50\text{mm}$  の加速域を設け, スライドが試験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治具となっている. 3鋼種においてひずみ速度が  $0.1, 1, 10\text{s}^{-1}$  で各3本ずつ試験を行った.

## 4. 試験結果および考察

### 4.1 ひずみ速度と応力の関係

ひずみ速度が  $0.1\text{s}^{-1}$  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.1 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思われる.

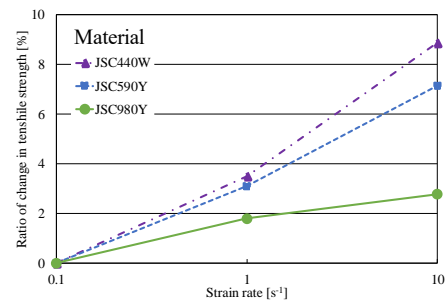


Fig. 1 Relationship between rate of increase in tensile strength and strain rate

### 4.2 ひずみ速度とr値の関係

各ひずみ速度における材料ごとの  $r$  値を Fig.2 に示す. なお, JSC440W, JSC590Y では, ひずみ  $10\%$  の時の値を, JSC980Y では, ひずみ  $5\%$  の時の値を示す. JSC440W, JSC590Y ではひずみ速度の上昇に伴い  $r$  値の増加が見られた. しかしながら JSC980Y ではひずみ速度に対して  $r$  値の変化は少なかった.

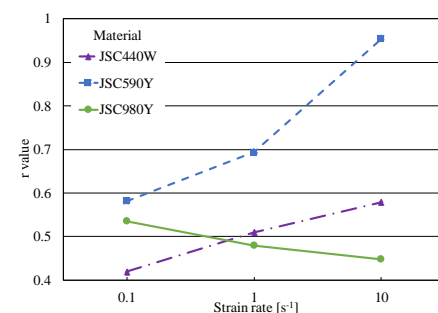


Fig. 2 Relationship between  $r$  value and strain rate

Effect of material properties of high tensile steel sheets on press forming simulation result

Hayato KISUE, Masakatsu MAEDA, Kousuke SUZUKI and Susumu TAKAHASHI

## 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.3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。

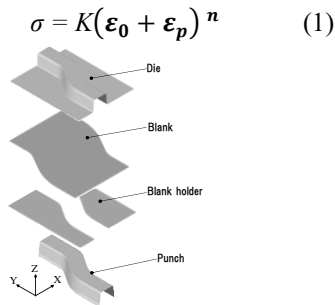


Fig.3 Analysis model of s-rail

## 6. 解析結果及び考察

### 6.1 ひずみ速度とスプリングバックの関係

全ての鋼種で同様の傾向だったため、JSC590Yのひずみ速度が $0.1 \text{ s}^{-1}$ と $10 \text{ s}^{-1}$ の時のスプリングバック解析結果をFig.4に示す。また応力の増加が成形シミュレーションに与える影響を確認するため、ひずみ速度と金型離型後のz方向のスプリングバックの関係をFig.5に示す。ひずみ速度が $0.1 \text{ s}^{-1}$ と $10 \text{ s}^{-1}$ の間でJSC440Wでは16%, JSC590Yでは12%, JSC980Yでは8%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う応力の増加率が高いほど、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。

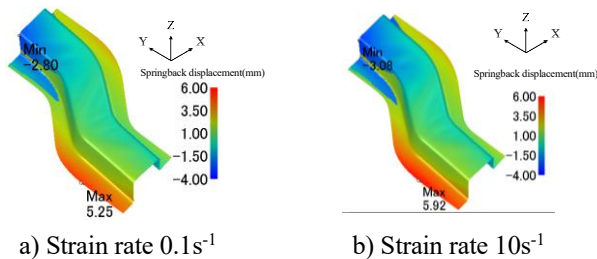


Fig. 4 Simulation results of springback distribution in the z axis direction in JSC590Y

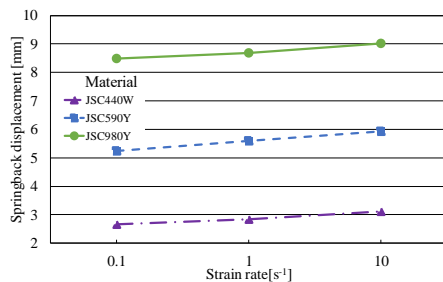


Fig. 5 Relationship between strain rate and springback displacement

### 6.2 ひずみ速度と板厚減少率の関係

JSC590Yの板厚減少率分布をFig.6に示す。r値の変化が与える成形シミュレーションへの影響を確認するために、ひずみ速度と板厚減少率の関係をFig.7に示す。JSC440W, JSC590Yではr値の増加に伴い板厚減少率が減少している。JSC980Yではr値の変化が少ないため、板厚減少率の変化も少ない。この結果より、r値の変化が大きいほど板厚減少率への影響が大きいことが分かった。

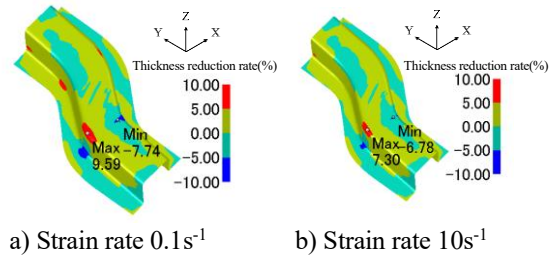


Fig. 6 Simulation results of thickness reduction rate distribution in JSC590Y

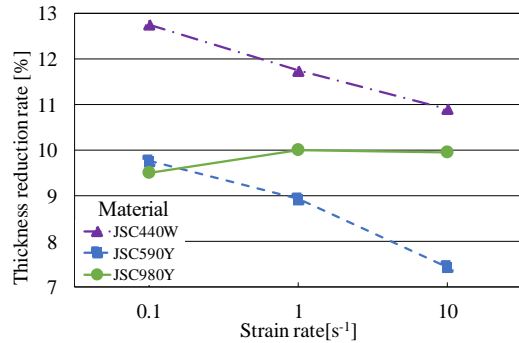


Fig. 7 Relationship between strain rate and thickness reduction rate

## 7. 結言

高張力鋼板(JSC440W, JSC590Y, JSC980Y)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、下記のことから分かった。

- 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。
- 3) r値の増加に伴い、成形シミュレーション結果の板厚減少率が低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)
- 2) 桑原文哉, 高橋進, 鈴木康介:自動車用鋼板の引張特性における速度依存性, 日本設計工学会 2021