

超ハイテン材プレス解析用パラメータ取得と解析ソフトへの適用

荻野直彦・増田直也*・新井宏章**

Acquisition of press analysis parameters for ultra-high-tensile strength materials and their application to analysis software

OGINO Naohiko, MASUDA Naoya, ARAI Hiroaki

自動車構造用部品では、カーボンニュートラルへの対応で軽量化が求められる中で、非常に厳しい燃費改善と衝突安全性の保障が要求されており、構造材の厚さを薄くしても強度を確保できる高張力鋼板（ハイテン材）の使用が主流となる。近年では、引張強さ 1GPa 以上の超ハイテン材の使用も拡大している。超ハイテン材のプレス成形には、複雑な形状プレス成形時に発生するしわや割れ、成形後に発生するスプリングバックなどの寸法誤差などの欠陥が発生しやすく、CAE 解析の必要性がますます高くなる。超ハイテン材の CAE 解析には、材料パラメータの取得が求められるが、特殊な試験方法が必要となるため、高度な材料試験技術が必要となる。本研究では、プレス成形解析用の超ハイテン材の材料パラメータの取得し、プレス成形解析、実機成形を実施したので、その結果について報告する。

キーワード：高張力鋼板、プレス成形解析、材料パラメータ

In the case of automotive structural parts, there is a demand for extremely strict fuel efficiency improvement and collision safety guarantees amid the need for weight reduction in response to carbon neutrality, and high-tensile steel sheets (hereinafter referred to as ultra-high-tensile steel materials) that can ensure strength even if the thickness of structural materials are reduced. The press forming of ultra-high-tensile strength materials is prone to defects such as wrinkles and cracks that occur during complex shape press molding, and dimensional errors such as springback that occurs after molding, and the need for CAE analysis is becoming more and more high. In this study, we obtained the material parameters of ultra-high-tensile strength materials, performed press analysis, and performed actual machine molding, and reported the results.

Keywords : High Tensile Strength Steel, Press Forming Analysis, Material Parameter

1 まえがき

強度試験に関する群馬県産業技術センターの依頼試験業務では、インストロン社製の材料試験機により、高度な試験に対応することが可能となっている。

プレス成形解析用の材料パラメータ取得には、薄い板材に引張と圧縮を加える特殊な試験方法を用いて、引張圧縮の繰り返し応力歪み線図を取得し、材料パラメータ同定ソフトにより、パラメータの取得を行う必要がある。通常、材料試験において、板材に圧縮を加えると座屈が生じるため、特殊な治具が必要不

可欠となる。現状、センターの保有する治具では軟鋼に対する材料パラメータの取得は可能であるが、ニーズの高い超ハイテン材の材料パラメータ取得は困難な状況にある。原因は、現状の治具が座屈強度に耐えられないためと考察される。そこで、本研究では、構造解析などを用いて最適化された試験用治具の開発を行う。評価検証のため、実際に材料試験を行い、パラメータ取得する。パラメータ取得後に、実際にプレス成形解析ソフトにより、取得されたパラメータを用いて解析を行い、適用の可否について判断する。

2 方法

本研究では、群馬産業技術センターの保有する材料試験機（材料試験システム インストロン社）を使用して、プレス成形解析に用いる材料パラメータの取得を行った。

取得した材料パラメータは、YU パラメータを選定した。YU パラメータは、自動車部品の寸法精度変動を低減するために開発された手法である。1) この手法は、超ハイテン材のプレス成形において、湾曲した部品で発生するスプリングバックの変形予測を精度向上するために、バウシinger効果を活用した新しい成形解析手法として開発されて、広く活用されているものである。

YU パラメータ取得後に、取得した材料パラメータを使用して、実際に成形解析ソフトにて成形解析を行った。予測確認のため、実機でのハット曲げの実験を行い、その結果を比較検証したのでその結果を報告する。

2.1 材料物性値の取得

本研究で使用した材料試験システム（100kN）（Instron5982 型）を図.1 に示す。材料の物性値を測定するための引張試験や圧縮試験、曲げ試験、繰り返し試験、剥離試験、引裂き試験、摩擦試験など、広範な機械的試験を実施できる強度試験機器である。



図1 材料試験システム

今回の検証を行う材料は、1.0GPa 級の超ハイテン材を使用した。本試験機を用いて、材料の材料物性値を測定した。

2.2 引張圧縮試験

本研究で用いた引張圧縮試験の方法について述べる。図.2 に治具および試験片形状を示す。平板で試験片を押すことで座屈を防止する治具構造とした。試験片は平行部の長さは28.1 mm、幅は20.0 mmとした。ひずみは試験片中央分に張り付けたゲージ長1mmのひずみゲージにより測定した。

取得した応力-ひずみ曲線の応力 σ_0 、ひずみ ε_0 から真応力 σ 、真ひずみ ε を次式により算出した。

$$\varepsilon = \ln(1 + \varepsilon_0) \quad (1)$$

$$\sigma = (1 + \varepsilon_0)\sigma_0 \quad (2)$$

真応力と真ひずみを導いた後、データに含まれるノイズ成分を削減するために移動平均処理を行った。その後、MatParaを用いて、Y-Uパラメータを導いた。

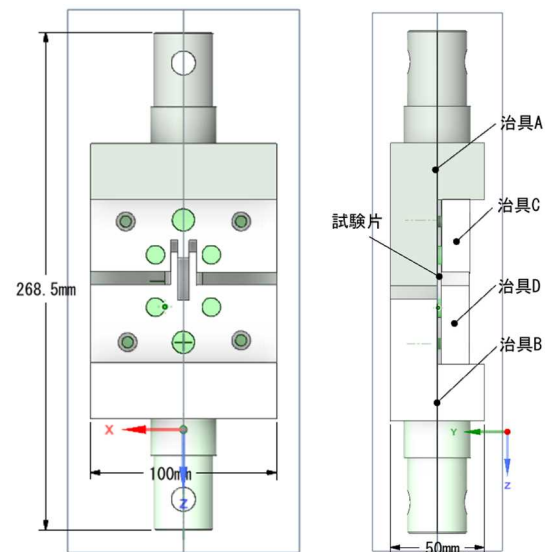


図2 試験治具

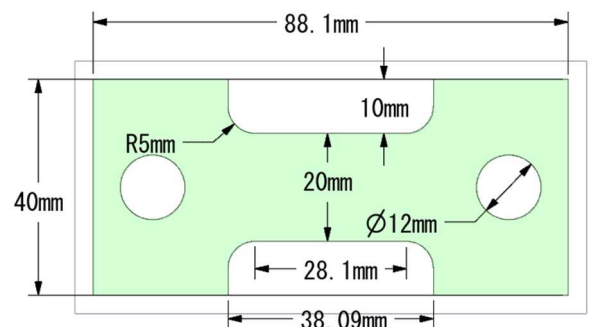


図3 試験片

2.3 プレス成形解析

3 結果

図.4 にハット曲げ解析の概要を示す. 本解析に用いたソフトウェアは, 協力企業様の所有する(株)J-SOL 製 J-Stamp を使用した.

ブランクの寸法は長さ 100mm 幅 20mm, 板厚 1mm である.

金型は上型と下型で構成され, 板厚のみを考慮した上下面平行の形状としている. パンチとダイはホルダで押さえない構造とした.

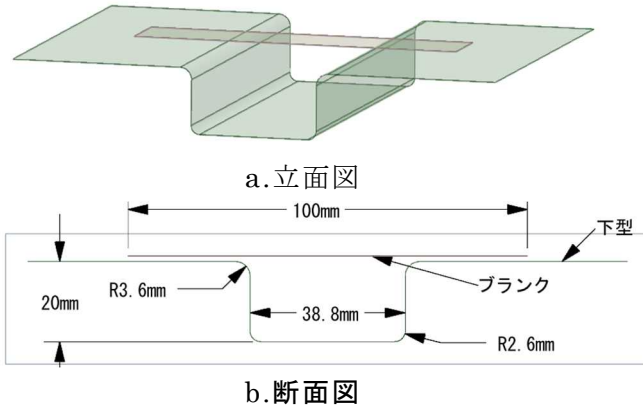


図 4 曲げ形状

2. 4 テストプレス

テストプレスに用いた金型を図.5 に示す. 解析条件と同じ形状の金型にて, テストプレスを行い, 形状を取得した.

実機によるプレスを想定し, プレス速度はテストプレスに用いた材料試験システムの上限度速度である 500mm/min とした.

テストプレスで取得した形状と解析結果を比較して, その妥当性を評価した.

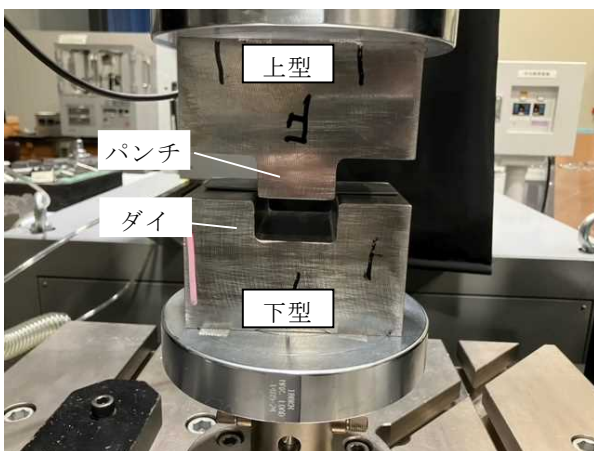


図 5 試験状況

3. 1 材料物性値

取得した応力ひずみ線図を図.6 に示す.

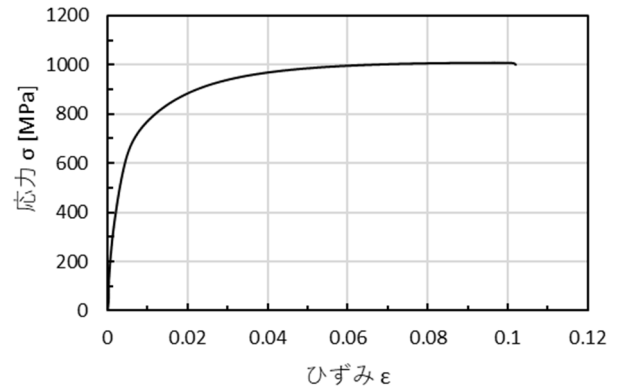


図 6 1.0GPa 級超ハイテン材
応力ひずみ線図

取得した材料物性値を表.1 に示す.

表 1 材料物性値

	$\sigma_{0.2}$ [MPa]	ヤング率 [GPa]	r 値
0°	1023	202	0.70
45°	1022		0.84
90°	1022		0.71

3. 2 材料パラメータ

材料パラメータの取得にあたり, 考案した治具の構造解析を行っている. 構造解析の結果を図.7 に示す.

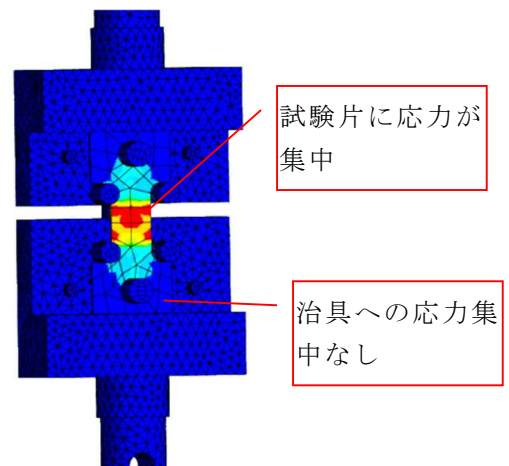


図 7 構造解析の結果

治具の構造解析結果では, 治具への応力

集中している箇所は見られないことから、試験に影響を及ぼす治具の変形はないことが確認された。

考案した治具を用いて、引張圧縮試験を行い、YUパラメータの同定をした。YUパラメータの同定は、自動でパラメータを同定した後、手でパラメータを調整し応力-ひずみ曲線の試験結果とY-Uモデルで算出されたプロファイルが一致するように調整した。調整後の応力-ひずみ曲線を図.8、Y-Uパラメータを表.2に示す。黒の実線が引張試験により得られた応力-ひずみ曲線、赤色がY-Uパラメータの調整後に得られた応力-ひずみ曲線である。

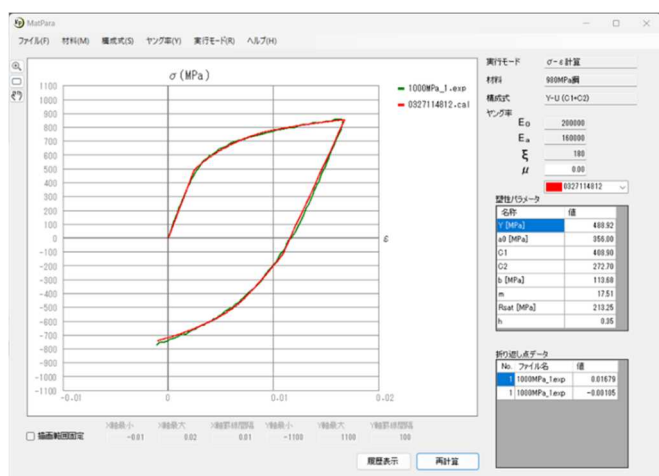


図8 引張試験とY-Uモデルで算出された応力-ひずみ曲線

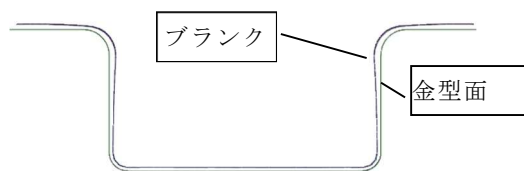
表2 同定したY-Uパラメータ

Y [MPa]	a0 [MPa]	C1	C2	b [MPa]
488.9	356	408.9	272.7	113.6
m	Rsat [MPa]	h	E ₀ [GPa]	E _a [GPa]
17.51	213.2	0.35	200	160

3.3 プレス成形解析結果

プレス成形解析結果を図.9に示す。

a.はYUパラメータを使用しない解析結果、
b.はYUパラメータを使用した解析結果である。



a.YUパラメータなし



b.YUパラメータあり

図9 解析結果

3.4 テストプレス結果

テストプレス品を図.10に示す。



図10 テストプレス品

プレス成形解析結果とテストプレス品の差異を評価するための寸法測定箇所を図.11に示す。

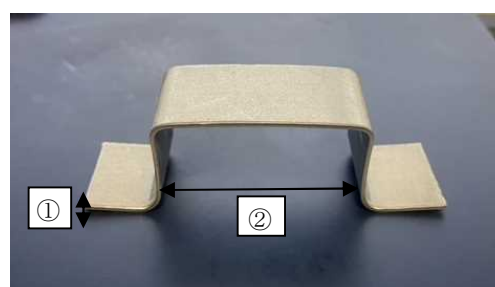


図11 結果比較のための測定箇所

比較結果を表.3に示す。

表3 結果比較

	①[mm]	②[mm]
テストプレス	1.6	39.5
YUパラメータあり	1.4(-0.2)	39.6(+0.1)
YUパラメータなし	0.5(-0.9)	38.3(-1.2)

YUパラメータを使用すると、使用してい

ない場合と比較して 4 倍以上予測精度が向上した。今回開発した治具で取得した YU パラメータがプレス成形解析による形状予測精度に寄与していると考えられる。

4. まとめ

本研究では、プレス解析用の材料パラメータ取得の可否について評価した。

引張圧縮試験により、圧縮側の応力ひずみ線図の取得した。取得した応力ひずみ線図より材料パラメータを同定した。

取得した材料パラメータをプレス成形解析ソフトへ適用し、解析結果とテストプレス品での評価を行った。

テストプレス品とプレス成形解析結果の比較から、有用な材料パラメータの取得ができていることを確認できた。材料パラメータ取得サービス提供が可能な水準を確保したと考えられる。

謝 辞

本研究の進捗に当たり、鈴木工業株式会社、有限会社永井製作所よりご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 上森 武，藤原賢司，岡田達夫，吉田総仁：塑性と加工，42（2001），64-69.