

研究ノート

深絞りプレス成形 CAE 解析における材料モデルの影響

花井敦浩^{*1}、津本宏樹^{*1}、廣澤考司^{*1}、永縄勇人^{*1}、藤波駿一朗^{*1}、戸谷晃輔^{*2}

Effect of Material Model in CAE Analysis of Deep Drawing Press Forming

Atsuhiko HANAI^{*1}, Hiroki TSUMOTO^{*1}, Koji HIROSAWA^{*1},
Hayato NAGANAWA^{*1}, Shunichiro FUJINAMI^{*1} and Kosuke TOTANI^{*2}Industrial Research Center^{*1*2}

プレス成形 CAE を用いた深絞りプレス加工の解析結果と実成形品の測定データとを比較し、成形寸法の予測精度に影響する要因を検討した。深絞りプレス成形においては、板材料の異方性により圧延方向によって壁部高さや板厚が異なることが分かった。プレス成形 CAE 解析の結果、材料モデルの異方性の考慮の有無や降伏関数の選択が寸法予測精度に大きく影響したと考えられる。

1. はじめに

付加価値の高いモノづくりのために、金属プレス成形は寸法精度の向上が求められている。高精度なプレス成形には、金型や加工条件など多くのパラメータを考慮する必要がある、近年ではコンピュータによるシミュレーションによりプロセスの可視化ができるプレス成形 CAE が普及し、CAE 解析により成形条件の最適化を行うことで、コスト削減などへの活用が進められている¹⁾。

本研究では、深絞りプレス加工の解析結果と実成形品の測定データとを比較することで、成形寸法の予測精度に影響する要因について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材

本実験に使用した供試材は、板厚 1.17mm、冷間圧延鋼板(SPCC)を用いた。深絞り成形用のブランク材及び引張試験用の試験片はワイヤ放電加工機(三菱電機(株)製 MV1200R)にて作製した。

2.2 引張試験

CAE 解析の材料モデルに必要な実材料の物性値を得るため、精密万能試験機((株)島津製作所製 AGX-V 100kN)により引張試験を実施した。加工硬化指数(n 値)及び塑性ひずみ比(r 値)の算出^{2),3)}に必要な試験片の長さ方向と幅方向のひずみを面ひずみ測定機(GOM 製 ARAMIS)を用いたデジタル画像相関法(DIC)により計測した。引張試験片は、JIS Z 2241 の 5 号試験片とし、圧延方向を 0°方向として 0°、45°、90°方向に作製した。DIC 計測のために引張試験片の表面にはランダムパターンを塗布した。

2.3 深絞り成形

プレス機は、電動サーボプレス機((株)アマダ製 SDE-1522)を用いた。金型形状は、パンチ径 $\phi 33\text{mm}$ 、パンチ肩半径 $R5\text{mm}$ 、ダイ穴径 $\phi 36\text{mm}$ 、ダイ肩半径 $R5\text{mm}$ を用いた。ブランク材は $\phi 64\text{mm}$ で絞り比は 1.8 とし、汎用のプレス潤滑油を用いた。

2.4 形状計測

実成形品の形状は非接触三次元デジタイザ(GOM 製 ATOS Triple Scan 16M)により測定した。成形品の壁部高さは、底から端部までの高さを圧延方向から円周向きに 360°方向で計測した。板厚は、底から 22mm の高さにおいて圧延方向から 360°方向で計測した。

2.5 プレス成形 CAE 解析

実際の深絞り成形に使用した金型及びブランク材の形状をもとに、図 1 に示す解析モデルを作成し、CAE 解析を行った。解析ソフトは JSTMAP((株)JSOL 製)を用いた。主な解析条件を表 1 に示す。引張試験で得られた数値を材料モデルのパラメータとして使用し、密度 7850kg/m^3 、ヤング率 206GPa 、ポアソン比 0.3 とした。

CAE 解析の材料モデルには、降伏関数として Mises、Hill'48 及び Barlat'89(降伏応力式指数 $m=6$)を用い、シ

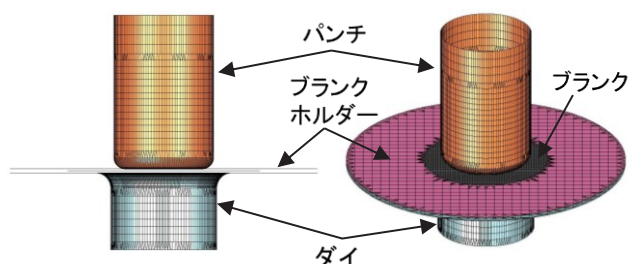


図 1 深絞りプレス成形の解析モデル

表 1 CAE 解析条件

ブランクメッシュタイプ	ファイントリム
ブランクメッシュサイズ	0.7mm
ストローク最大速度	10000mm/s
しわ押え最大荷重	37313N
摩擦係数	0.08

エル要素での解析を実施し、材料モデルの降伏関数による違いについて比較した。Hill'48 及び Barlat'89 については異方性を考慮した材料モデルで解析を実施した。

3. 実験結果及び考察

3.1 引張試験結果

引張試験の試験結果及び算出した n 値と r 値を表 2 に示す。 r 値は 0° 及び 90° 方向と比べ、 45° 方向が小さく、異方性がある材料であることが確認された。

表 2 供試材の機械的特性

	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	n 値	r 値
0°	264	363	42	0.20	1.22
45°	264	372	39	0.18	1.03
90°	251	356	43	0.19	1.84

3.2 実成形品と CAE 解析結果との形状比較

図 2 に実成形品及び CAE 解析から得られた形状を示す。実成形品、Hill'48 及び Barlat'89 において端部に凹凸が発生していることが分かった。

壁部高さを圧延方向から円周向きに 360° 方向で比較した結果を図 3 に示す。実成形品では圧延方向 0° から 90° 毎に壁部が高くなり、 45° から 90° 毎で低くなった。この傾向は異方性を考慮した Hill'48 及び Barlat'89 による CAE 解析でも確認されたが、異方性を考慮しない Mises では壁部の高さは均一となった。

底から 22mm の高さの壁部の板厚ひずみ分布を圧延方向から円周向きに 360° 方向で比較した結果を図 4 に示す。実成形品では圧延方向 0° から 90° 毎に板厚が減少し、 45° から 90° 毎で板厚が増加した。この傾向は異方性を考慮した Hill'48 及び Barlat'89 による CAE 解析でも確認されたが、異方性を考慮しない Mises では板厚は均一となった。

これは、引張試験の結果から材料に面内異方性があることが確認できており、 0° と 90° 方向の r 値が 45° 方向よりも大きく板厚増加が起きにくいので、材料が高さ方向に逃げて 0° と 90° 方向が凸形状になるためと考えられ、異方性を考慮しないモデルでは r 値の影響が反映されないため均一の高さになったと考えられる。

また、図 3 と図 4 とともに 45° から 90° 毎の値において Hill'48 の方が Barlat'89 よりも極値が過剰に評価されて

おり、Barlat'89 の方が Hill'48 と比較して実成形品に近い形状が得られた。これらの結果から使用する降伏関数が CAE 解析結果に大きく影響したと考えられる。

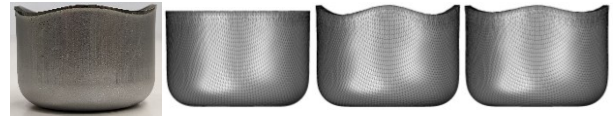


図 2 深絞り成形及び CAE 解析から得られた形

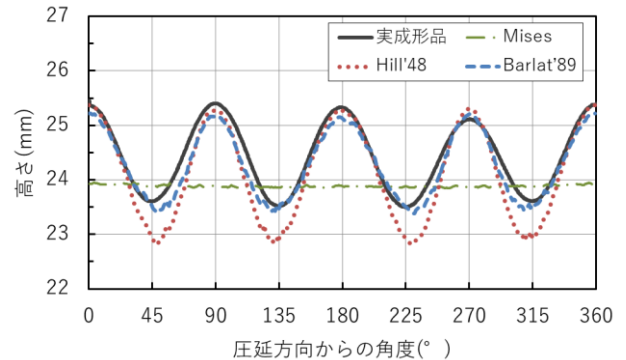


図 3 底から端部までの壁部高さ比較

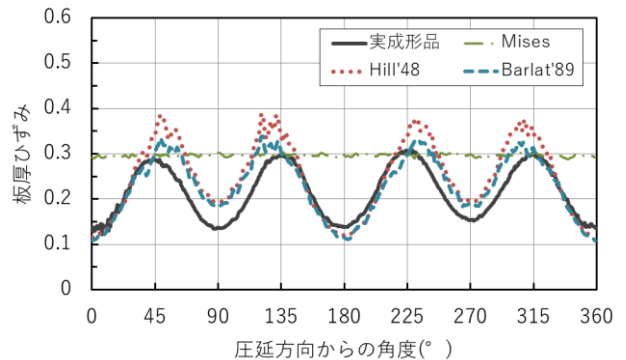


図 4 底から 22mm の高さの板厚ひずみ

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) 深絞りプレス成形において、材料の異方性の影響により圧延方向によって壁部高さや板厚が異なった。
- (2) プレス成形 CAE 解析の結果、解析に用いる材料モデルにおいて異方性の考慮の有無が寸法予測精度に大きく影響した。
- (3) 本研究の条件において、CAE 解析における材料モデルの降伏関数は、Barlat'89 モデルの方が Hill'48 モデルと比較して実成形品に近い形状が得られた。

文献

- 1) 日本金属プレス工業協会, 吹春寛: プレス成形シミュレーション, 1(2003), 日刊工業新聞社
- 2) JIS Z 2253, 薄板金属材料の加工硬化指数試験方法
- 3) JIS Z 2254, 薄板金属材料の塑性ひずみ比試験方法