

テーラードブランクの プレスシミュレーション

安部 重毅, 森下 勇樹, 坂元 康泰, 釜屋 昭彦

Press simulation of Tailored Blank

ABE Shigeki, MORISHITA Yuki, SAKAMOTO Yasuhiro and KAMAYA Akihiko

This Paper shows that example of the press simulation of tailored blank. Cylindrical cup drawing of tailored blank can be simulated accurately about shape of the flange and the weld line. But the verification of the crack with LDR is not fitted forming work with result of the simulation.

キーワード : プレス成形, TIG 溶接, テーラードブランク, CAE,

1 緒言

近年、地球温暖化や石油資源の枯渇といった観点より自動車の軽量化が進む一方、乗員の衝突安全規準が高くなっている。既存の自動車部品と同レベル以上の剛性・強度を保ち、かつ製品の軽量化を進めるため、プレス成形においてテーラードブランク（以下TB）のプレス成形が実用化されつつある。

TBのプレス成形を、実務レベルで取り組むためには、プレスシミュレーションでTBの不具合を正確に予測し、トライアンドエラーの回数を削減できることが必須条件である。

本報では、TBの円筒絞りをプレスシミュレーションし、実成品と比較を行った。その結果、円筒絞りのモデルでは、成品の形状をほぼ精度良く計算できたが、FLDによる割れ評価では実成品に比べ、割れが生じやすい結果となった。

2 TBの特徴

TBを採用することによる主なメリットを図1のドインナーの例を用いて示す。

この例では、強度の必要な取り付けヒンジ部に厚い板材や強度の高い板材を使用し、その他の部分に薄い板材を使用することで強度を維持したまま軽量化できる。また、面積の小さい板材を使用できるので廃材が削減できたり、他のプレス工程で廃材として処理していた材料を再利用できる。

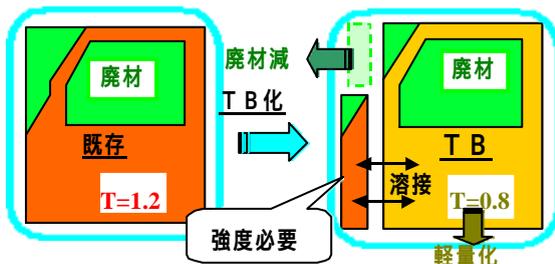


図1 TBの特徴：軽量化

3 目的

大手自動車メーカーでは、レーザー溶接によるTBのプレス成形を推し進めている。

しかし、コスト面等より、一部を除いた地元企業での導入は困難である。本報では設備投資が安価、かつ装置を保有している地元企業が多く、技術移転が容易である点より、TBの溶接としてTIG溶接¹⁾を選択した。

TBの板材は、二種類以上の母材に高強度で延性の少ない溶接部で構成される。このような複雑なTBのプレス成形をプレスシミュレーションにて正確に解析することが求められている。

本報では、TBの円筒しぼりをプレスシミュレーションし、シミュレーション結果と、実成品の比較を行った。まず、成形後の溶接線位置とフランジ部形状の各々の比較を行い、次にFLD曲線オプションを境界条件として入力する破断の予測を行った。

4 TBのシミュレーション設定方法の提案

通常のブランクのFEMモデルでは、一つのモデルにつき、一つの材料物性を入力した。しかし、TBのブランクのFEMモデルでは、異なる種類の母材を付き合わせる場合、二種類の母材と溶接部の計三種類の材料物性が必要である。そのため各々の材料物性を引張り試験等で取得し、の三エリアに分割したブランクのFEMモデルに対して、それぞれ計測した材料物性を入力する。

また、TIG溶接の場合、溶接部が板厚より一、二割程度厚みが増すため、母材と比べ溶接部の方が、一瞬早く金型と接触する境界条件を設定する必要がある。これらの条件を考慮して、TBのプレスシミュレーションのFEMモデルを作成した。

5 成形後の溶接線とフランジ形状の比較

5.1 検証項目

T Bでの問題の一つに溶接線の移動がある。衣裳品の場合は特に、目立たない部分に溶接線を配置するのが望ましい。そのため、成形後の溶接線の位置をシミュレーションにて予測する必要がある。

母材より厚みのあるT I G溶接部は母材に比べフランジ部よりの流入抵抗が大きい。この現象をプレスシミュレーションにて解析できるかを検証するため、成形品とフランジ形状の比較を行うことで評価する。

成形後の溶接線は三次元的な自由曲線であるため、簡易三次元形状計測装置V e c t r o nを使用し、計測した。計測精度は高くないが、座標データを取り込めるためP A M - S T A M P上で比較ができる。

5.2 設定方法

図2にシミュレーションで使用したモデルを、表1に成形条件を、記載する。

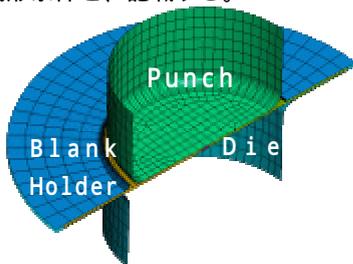


図2 円筒絞りシミュレーションのモデル

表1 シミュレーションの成形条件

メッシュサイズ	約3 mmピッチ
しわ押え力	3.0 kN (左右対象より入力値は半分)
パンチの成形速度	3.0 mm/msec
blankホルダー速度	1.0 mm/msec
パンチ径	100
パンチ肩半径	8 mm
ダイ肩半径	8 mm
摩擦係数	0.144
ストローク	48 mm

5.3 使用した材料とその物性値

成形材料として、異種材料、同板厚(0.8 mm)の組み合わせの材料を用いた。材料は270 MPa級SPCと590 MPa級SPFCで、両材料の材料物性を図3、表2に記載する。材料の領域は図4のように円形blankの中心線を中心に5 mm幅の溶接線の材料物性領域(板厚0.95 mm)溶接線を挟んだ片側が270 MPa級のSPC、もう一方側が590 MPa級のSPFCの材料物性領域となる。溶接線の材料物性は溶接した板材より、溶接線を中心に約5 mm幅で切りだし、引張り試験を行った。

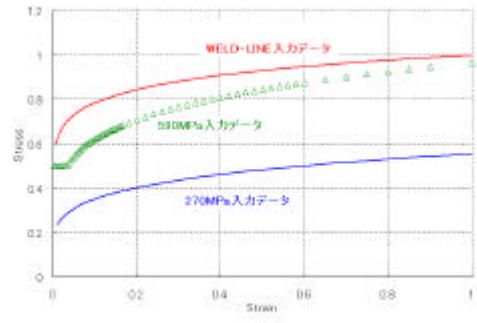


図3 各材料のS Sカーブ

表2 r 値(方向は厚点方向に対して)

	0 度方向	45 度方向	90 度方向
S P C	1.706	1.443	1.942
S P F C	0.825	1.037	0.968
溶接線	代表値: 0.325		

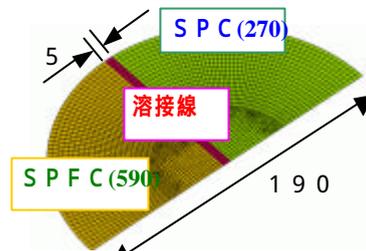


図4 T Bモデル

5.4 結果

図5左上に実成形品の凹形状側の溶接線を計測した簡易形状計測装置V E C T R O Nを示す。図5右上・下にシミュレーション結果と計測した溶接線の形状(赤線)を示す。幅5 mmの溶接線モデル内に実成形品の溶接線中心線が含まれている。

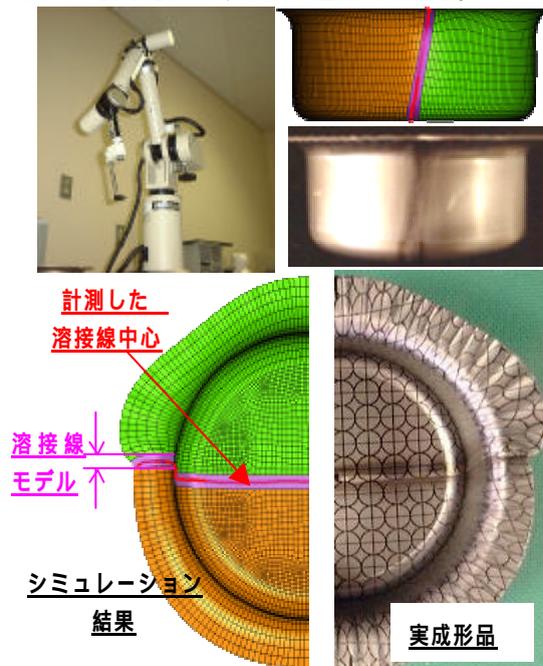


図5 形状計測装置V E C T R O Nと計測データ

図6に実成形品とシミュレーションの形状から取得したフランジ部の形状と溶接線の形状（Z方向を成形方向とし、XY平面に投影）データを記載する。三角の点群がシミュレーション結果を示し、橙の実線が実成形品を示す。図6、表3より実成形品に比べ計算結果の方が、平均約1.5mm流入量が多い。

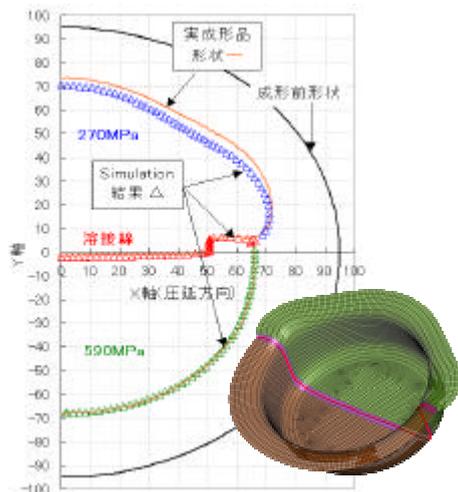


図6 実成形品とシミュレーション結果

表3 パンチ中心からのフランジ端までの平均半径

モデル	S P C	S P F C
実成形品	R=72.76	R=68.03
計算結果	R=69.92	R=67.88

5.5 考察

溶接線の移動後の位置について、今回のモデルでは溶接線のXY方向の移動量が多くなかったため、シミュレーションにて精度良く結果を得られた。

フランジ形状の予測について、流入量の1割程度とほぼ満足できる結果となった。ただし、270MPaの圧延方向に対して45度方向の流入量の差が大きいのが少し問題である。フランジ形状の誤差が大きく異なるとトリムラインの誤差が大きくなり、成形前のブランク形状決定時に支障をきたす。

今回の場合は、1) r値の材料データと2) 計測せずにデフォルト値を入力した摩擦係数が原因と考えられる。

6 FLD曲線による破断予測

6.1 検証項目

溶接線位置を中心から10mmピッチづつずらしたTB成形品のLDR（限界絞り比）の結果をもとに、同条件にてシミュレーションを行った。

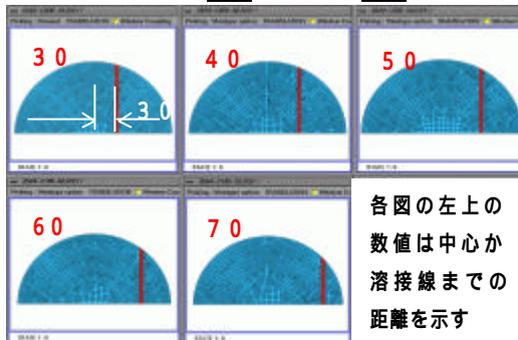
計算途中で任意の要素のひずみ量がFLD曲線の破断領域に入った場合、計算途中でそのメッシュが削除される機能を使用した。

6.2 設定方法

実成形品のホルダーによるブランクの押え力（以下BHF）は約40kNに設定したが、シミュレーションでは30kNと40kNで計算した。BHFとブランクの材料物性以外は前項と同じツール形状・設定方法を使用した。

6.3 使用した材料とその物性値

成形する材料として、同種（SPC）同板厚（1mm）材料の組合せのTBを用いた。ブランクの寸法はLDRに合わせ、190から210mmまでとし、溶接線の位置は図7のように、中心から30、40、50、60、70mmずらした五条件をシミュレーションの対象とした。材料のSS線図を図8に、FLD曲線を図9に、r値を表4に記載する。



各図の左上の数値は中心が溶接線までの距離を示す

図7 計算するTB

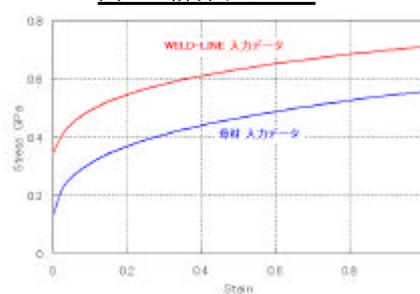


図8 各材料のSSカーブ

図9 FLD曲線

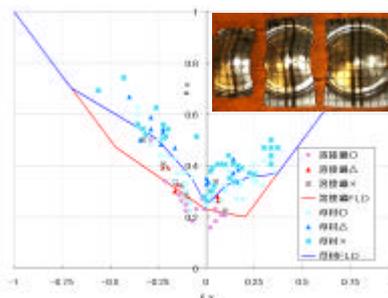


表4 r値（方向は厚点方向に対して）

	0度方向	45度方向	90度方向
母材	1.676	1.188	1.983
溶接線	代表値0.325		

6.4 結果

表5に実成形品のLDRの実験結果を、表6、表7にシミュレーションで計算した結果のLDRを記載する。また、図10に破断タイプごとのシミュレーション結果モデルを記載する。

表5 実成形品のLDR

溶接位置	ブランク径 mm				
	190	195	200	205	210
LDR	1.9	1.95	2.0	2.05	2.0
30			OK	NG	
40				OK	NG
50				OK	NG
60		OK	NG		
70	OK	NG			

表6 シミュレーションのLDR しわ押し40kN

溶接位置	ブランク径 mm				
	190	195	200	205	210
LDR	1.9	1.95	2.0	2.05	2.0
30			NG 1)	NG 1)	
40			NG 1)	NG 1)	
50				OK	NG 2)
60		NG 4)	NG 2)	NG	NG
70	NG 3)	NG 3)			

表7 シミュレーションのLDR しわ押し30kN

溶接位置	ブランク径 mm				
	190	195	200	205	210
LDR	1.9	1.95	2.0	2.05	2.0
30			NG 1)	NG 1)	
40			NG 1)	NG 1)	
50					NG 2)
60		OK	OK	NG	NG
70	OK	OK			

- 1) 溶接：溶接内部より破断が開始 (図10参照)
 - 2) 境界：溶接線と母材の境界で破断が開始
 - 3) 母材：溶接線と直接接しない部分で破断開始
 - 4) 部分：縦壁メッシュが1部割れるが伝播しない
- OK：成形完了、NG：途中で破断

溶接位置が中心より30、40mmの場合、実成形品と異なり成形完了前に破断した。この場合の割れは、ほぼ同じ高さで、かつ実成形品では無かった溶接線内部から割れ(表内のNG1)であった。図11のような経路でFLD曲線の破断エリアに入る。溶接位置が中心から50、60、70mmの場合

はシミュレーションの設定パラメーターを修正することで、精度を向上させることは可能である。

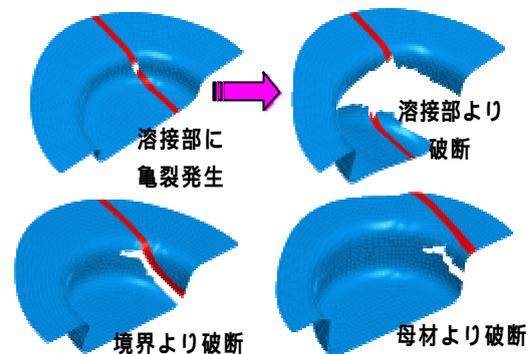


図10 破断の様子

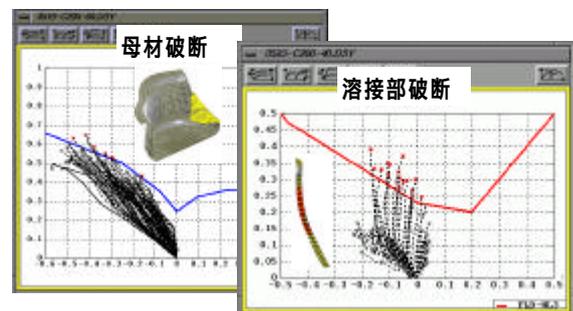


図11 破断時のひずみの経緯

6.5 考察

実成形品との比較では、精度の悪い結果となった。考えられる原因として、溶接部のFLD取得のために使用したスクライブドサークルのスタンプの径が大きく、計測時に溶接部だけでなく母材部分のひずみを取りこんだことが原因として考えられる。

7 結言

本報では、ブランクの材料物性を二つの母材部、TIG溶接部に分割し各々異なる材料物性を入力し、TBのシミュレーションを行った。

成形後の形状に関してはほぼ満足できる成果ができたが、FLDによる割れの評価を精度良く表現することができなかった。

8 今後の課題

- 1) FLDをもちいたシミュレーション結果の精度を向上させる。
- 2) 平成13年度の研究課題として溶接影響部が少ないIYAGレーザーによるTBの研究を行う。

参考文献

- 1) 森下勇樹、畑得宣、釜屋昭彦：広島県西部工技研究報告、NO.43(2000)、9。