

CAE回数を低減したスプリングバック見込み設計ツールの開発

山田 圭一*1 内野 正和*1 濱田 貴志*2 戸北 浩二*2 兵頭 弘章*2 末松 拓也*2

Development of Springback Compensation Design Tool with Reduced Number of Computer Aided Engineering

Keiichi Yamada, Masakazu Uchino, Takashi Hamada, Kouji Tokita, Hiroaki Hyoudou and Takuya Suematsu

板材プレス用金型ものづくり現場においてスプリングバックによる寸法精度不良の見込み設計は、寸法合わせこみが必要で試行錯誤が多い。本研究では協力社のタンクナックル部材実製品を題材とし多数プレス成形CAE結果のデータベース、回帰計算、最適化計算によるスプリングバック見込み設計ツールを作成した。過去実績設計値の回帰計算によるスプリングバック結果とCAE結果を比較した結果、差が1.6 mmとなった。今後、合格品質の誤差1.0 mm以内を目指し回帰計算結果と過去実績値の比較、回帰計算結果の補正等を行う。

1 はじめに

板材プレス用金型ものづくり現場では日常的にスプリングバックによる寸法精度不良、シワ不良、ワレ不良の対策を行っている。設計現場において繰り返しCAE、製造現場において追加押し、金型の削り、肉盛り等の不良対策が行われるが製品CADとの寸法合わせ込みが必要になるスプリングバック対策で試行錯誤が多く時間を費やしてしまう。

設計現場のスプリングバック見込み方法についてはCAE結果スプリングバック形状と製品CADの形状差を比較し金型形状のスプリングバック見込み設計可能なCAEソフトがあるが導入できない、活用できていない中小企業もある。理由には著者が調べた限りソフトが高額なこと、ソフトの計算機能維持のための更新料金が高額であること、人の入社退社が比較的多くCAE人材育成が難しいこと、CAE精度が現場要求まで達しておらず費用対効果が合わないことが挙げられる。

本研究では設計現場におけるCAE回数低減を目的に、スプリングバック自動見込み設計ツールを作成した。このツールでは多数CAE結果のデータベースを学習させたガウス過程回帰計算¹⁾、遺伝的アルゴリズム等の最適化計算を行いスプリングバック見込み3次元CADを生成する(図1)。プログラム言語には計算ライブラリが豊富なPythonを使用した。研究協力社設計現場担当者から要望がありユーザーインターフェースをエクセルソフトとした。

本報告はスプリングバックの回帰計算結果とCAE結果を比較した内容についてである。

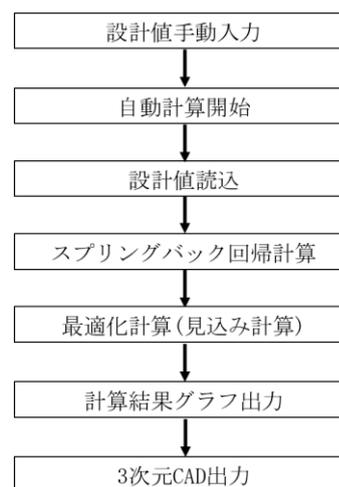


図1 ツールの計算フロー

2 方法

2-1 題材のタンクナックル曲げ成形法

研究協力県内企業から要望があるタンク用ナックル部材実製品のナックル曲げ成形を題材とした。このナックル曲げ成形のスプリングバック見込み設計では成形圧の荷重値を変更し多数CAEを実施する必要がある。産業用タンクの概要図、対象のタンクナックル部材、整理したナックル部材の設計範囲の一部を図2、表1に示す。液化ガス等を低温貯蔵するタンクで使用され、産業用タンクの屋根部、側板部をつなぐ箇所用いられる。

ナックル部材の成形法については次の手順で行う。

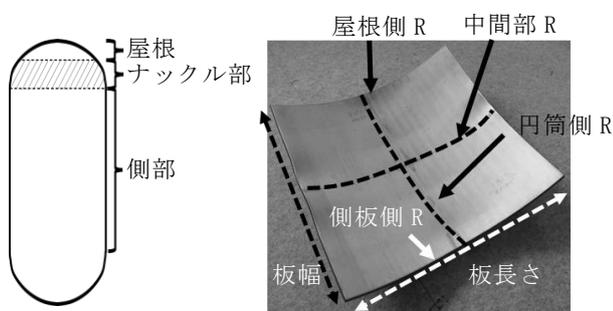
*1 機械電子研究所
*2 株式会社しろみず

板材を板長さ分カット，円筒側方向にロール曲げ，ロール曲げ済み板材を下金敷に置き合格品質を満たすまで上金敷によるプレス成形を行う。プレス成形の際に形づくりのための板材回転と寸法検査を繰り返し行う。

2-2 回帰モデルによるスプリングバック計算

ナックル曲げ成形で使用する上金敷形状，下金敷形状の見込み設計を行うために作成した。研究協力社提供の過去の製品曲率，材質，板厚，板幅，板長さ，金敷幅の設計変数を整理しCAEパターンを決定した。データ数が20,000個を超え人手では困難なためCADソフトによる設計変更，書出しの単純作業，CAEソフト(JSTAMP N/V, ver.:2.18, JSOL社製)によるメッシュ作成，拘束条件入力，結果書出し等の単純作業をpythonコードで自動化し効率よく作業を進めた。

CAE結果の板長さ方向，板幅方向をそれぞれ9分割し計81箇所の深さ方向スプリングバック量を目的変数としCSV形式データベースを作成した。そのデータベースを用い81個のガウス過程回帰モデルを出力した。回帰モデルの計算式については全データに対する検証データの割合を0.25に設定し過去に倉本氏²⁾らが実製品で精度検証したガウスクーネルを用いた。



(a) タンク概要図 (b) ナックル部材
図2 タンク概要図，ナックル部材

表1 ナックル部材の設計範囲の一部

板厚(mm)	9~50
板幅(mm)	1,400~4,400
板長さ(mm)	2,500~5,000
円筒側R(mm)	1,450~4,700
側板側R(mm)	4,200~38,900
中間部R(mm)	4,600~43,000
屋根側R(mm)	7,500~63,000

2-3 回帰計算結果とCAE結果の比較方法

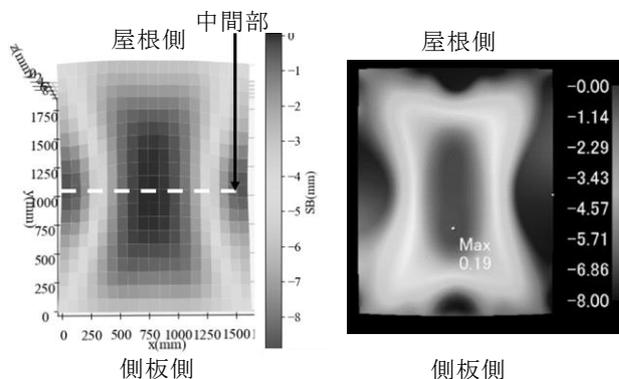
研究協力社の計9パターンの過去実績設計値において回帰モデルのスプリングバック結果，CAEのスプリングバック結果の差を比較した。回帰計算結果とCAE結果のスプリングバック分布の確認を行い，次に円筒側，側板側，中間部，屋根側のそれぞれのスプリングバック量の差の全平均値を計算した。

3 結果

3-1 回帰計算結果とCAE結果の比較

スプリングバック分布の比較画像例を図3に示す。円筒側，側板側，中間部，屋根側のそれぞれのスプリングバック量の比較結果を図4に示す。回帰モデルとCAEモデルのスプリングバック分布は概ね一致していた。回帰計算結果とCAE結果の差については円筒側の差平均値2.94 mm，側板側の差平均値1.77 mm，中間部の差平均値0.20 mm，屋根側の差平均値1.50 mm，比較箇所全ての差平均値1.6 mmであった。

今後，回帰計算スプリングバック値と研究協力社の過去実績スプリングバック値の比較，回帰計算結果の補正を行う。



(a) 回帰モデル (b) CAEモデル
図3 スプリングバック分布画像の比較

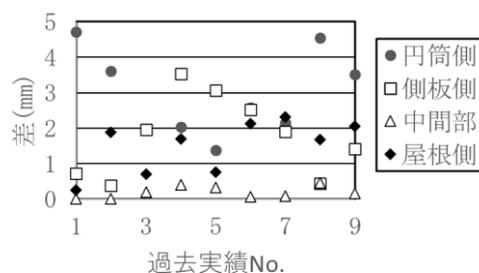


図4 回帰計算結果とCAE結果の差

4 まとめ

- 1) タンク用ナックル部材のプレス成形を題材にCAEを活用しスプリングバック計算回帰モデルを作成した。
- 2) ナックル部材成形の過去実績設計値のスプリングバック量の回帰計算結果とCAE結果を比較したところ、差が1.6 mmとなった。

5 参考文献

- 1) 持橋大地，大羽成征：ガウス過程と機械学習，講談社(2019)
- 2) 倉本 紘彰，内野 正和，他3名：福岡県工業技術センター研究報告，No. 30， pp. 49-52 (2020)