

塑性加工の総合専門誌

プレス技術

3

2008
Vol.46
No.3

PRESS WORKING

特集

これから使いこなすプレス成形シミュレーション

特別企画 プレス技術、機械設計、型技術 3誌合同 導入効果をも高める用途別CAE活用術



KOMATSU

H2W 200

New

H2W DUAL AXIS
SERVO PRESSES
コマツ デュアル サーボプレス

KOMATSU コマツ産機株式会社

使い勝手の良さと高い解析精度を 両立した「PAM-STAMP 2G」

事例：鈴木工業株によるスプリングバックへの対策

日本イーエスアイ(株) 小川孝行*

1980年代の終わり頃、欧州ならびに日本の自動車メーカーとの共同開発によって、プレス成形解析専用ソフトウェアとしてPAM-STAMPは誕生した。プレス成形解析専用として開発されたことで、使い勝手の良さと高い解析精度を両立させることができ、自動車メーカーだけでなく部品メーカーや金型メーカーなど自動車産業全体でご利用いただいている。2002年には、プレス金型設計製作に従事する技術者にとってさらに使いやすいインターフェイスを実現しながら、スプリングバックという非常に高度な解析までこなすソルバーへと進化を遂げた「PAM-STAMP 2G」(以下、PS2G)が登場した。

本稿では、PS2Gの有する機能がどのようにプレス設計製作の現場で役立つか、またなぜスプリングバック解析をはじめとする高精度な解析が可能かを解説するとともに、2002年にPS2Gを導入して以来、多くの成果を挙げてきた鈴木工業株の事例を紹介する。

PAM-STAMP 2Gの概要

1. PS2Gパッケージ

PS2Gは、いわゆる成形解析ソフトであるオートスタンプ、自動面張りとパラメトリック設計を特徴とする簡易型設計ダイメーカ、製品形状と材質と加工方向があればブランク展開ならびに

簡易成形性評価ができるインバース、オートスタンプ並みの解析精度を保ちつつ数倍の高速化が可能なクイックスタンプで構成される(図1)。これらは同一のインターフェイス内で稼働するため、ダイメーカで作成した金型形状をクイックスタンプで解析し、ダイメーカで方案変更を行うというような連鎖解析が可能である。もちろん各機能を単独で使うこともできる。

2. ダイメーカ

PS2Gのインターフェイスに製品形状(サーフェース)を取り込み、ダイフェースや余肉などの金型形状を造型する機能である。アンダーカットや絞り深さが最適になるよう加工方向を自動的に決める機能や、滑らかなダイフェース面を一発作成する機能、パラメトリックな断面形状を指定すると自動的に面張りやフィレット掛けされた余肉を作成する機能などが用意されている。これらの機能により、割れやしわなどの成形性チェックに必要な十分な要件を備えた金型形状を設計することができる。

ダイメーカで造型された金型形状は、パンチやダイなどの属性を保ったままクイックスタンプやオートスタンプのデータとして引き渡される。そのため金型造型後、すぐに成形性解析が可能になる。成形性解析の結果、金型形状に修正が必要になった場合でも、直ちにダイメーカに切り替えて、簡単なマウス操作や寸法入力で金型形状を変更することが可能である(図2)。

3. インバース

製品形状データに加え、加工方向と材料物性を

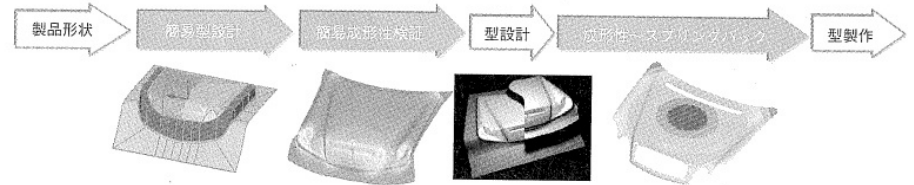
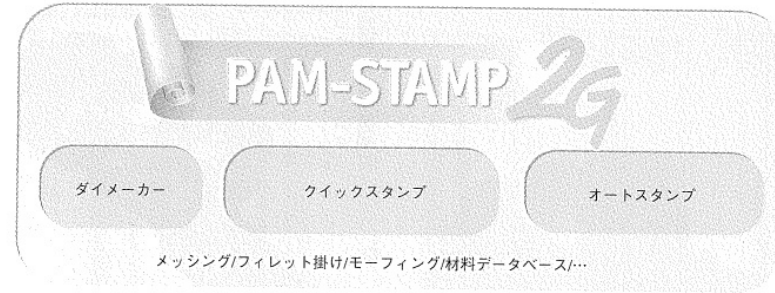


図1 Pam-Stamp 2Gパッケージ

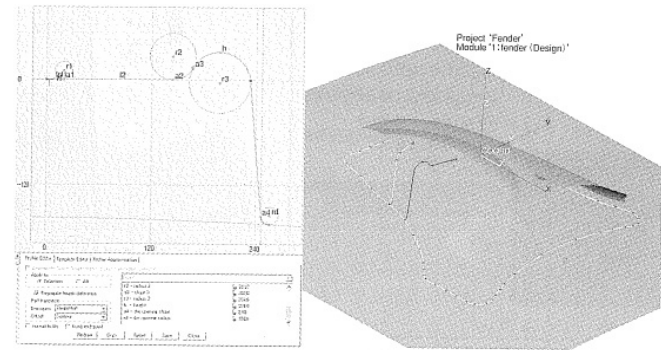


図2 ダイメーカの余肉作成画面

指定するだけで、簡易的に成形性評価を行う機能である。この機能は、その名の通り製品形状をいったん平らなブランクに展開(インバース)することから、材料コスト見積りにも利用できる(図3)。

4. クイックスタンプ

イーエスアイが独自開発した高速ソルバーを備えた成形性解析機能である。高精度で定評のあるオートスタンプに匹敵する解析精度を備えながら、数倍の計算速度を実現している。クッションストロークやブランクホルダ力などの工程情報を「マクロ」を使って設定するため、プレス成形になじみのある方なら誰でも簡単に使うことができる。

マクロ内では、設定が必要な項目についてピンクのマーカーで示されるため、設定間違いを防ぐことができる。また、日本語表示化やカスタマイズも簡単にできるので、各社独自の呼び名を用いて使い勝手の良いメニューを構築することも可能である(図4)。

5. オートスタンプ

型設計CADからサーフェースデータを取り込むと、自動的に解析用のメッシュデータに変換される。さらにフィレット掛け機能も付加されているため、たとえばダイRはPS2Gの中で何パターンかのフィレットをつけて解析を行う、という

* (おがわ たかゆき) : フィールドサービス技術部副部長
〒151-0065 東京都渋谷区大山町 45-18 代々木上原ウエストビル2階
TEL: 03-3466-0191 FAX: 03-3466-6863

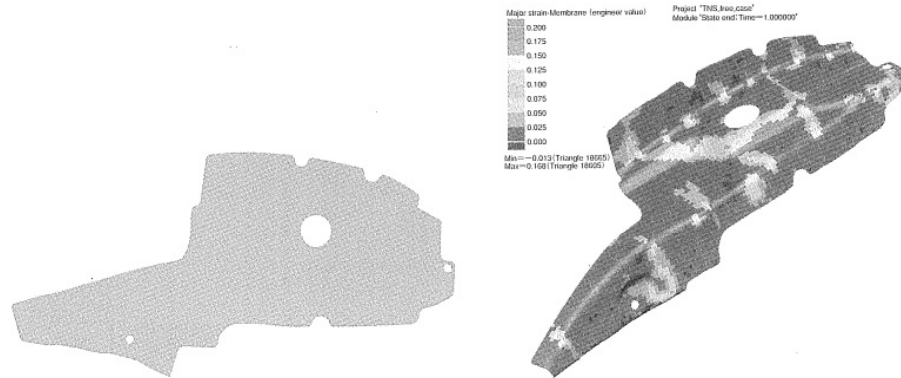


図3 インバース解析事例

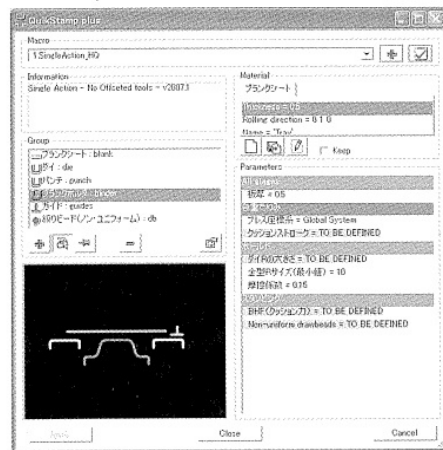
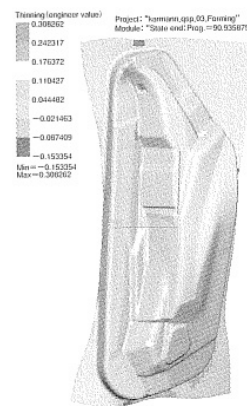


図4 クイックスタンプ「マクロ」と解析事例



ような使い方も可能である。また、上下型のクリアランスをきちんと設けることが正確な解析の実施には欠かせないが、基準側 CAD モデルから一発で板厚分オフセットして反転型データをつくる機能も有している。

ガイドやロケットピンを使ってブランクシートの位置決めを行う場合でも、PS2G はガイドやピンを簡単に作成する機能を備えているため、いちいち CAD モデルを用意する必要はない。

PS2G のガススプリングは非線形のスローク荷重特性図を設定できるだけでなく、下死点での上型によるパッドのドン突き構造までも設定することができる。これ以外にも、実機を忠実に

シミュレーション上に再現できる機能が豊富に備わっており、正確な解析を可能にしている。

解析設定は前節で紹介した、日本語カスタマイズも可能な「マクロ」によって簡単に設定できる。もちろん 1 工程だけでなく、多工程にわたった解析設定も行える。

解析結果の分析で大切なのは、不具合を予測するだけでなく、対策をシミュレーション上で検討することである。特にスプリングバック対策として金型に見込みを入れる場合、解析的に見込み量を求める機能は欠かせない。PS2G には、スプリングフォワードとコンペンセーションツールという 2 通りの手法が用意されている。

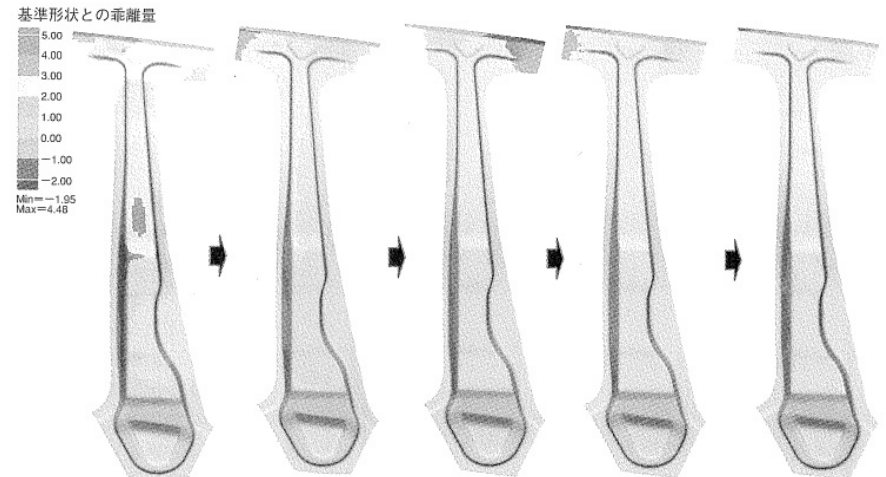


図5 コンペンセーションツール適用事例

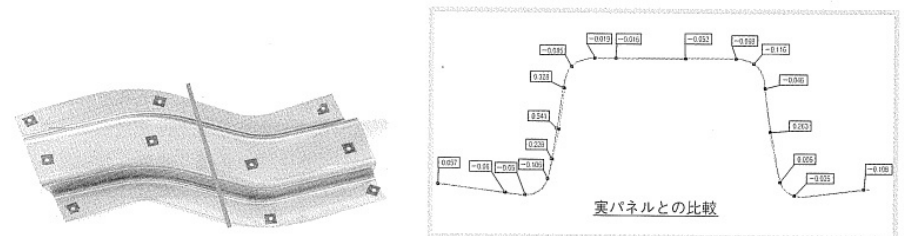


図6 吉田-上森モデル適用の効果

前者は成形パネルが型内にある段階で、内部応力を反転させた後にスプリングバック（フォワード）解析を行うもので、得られた変形量が見込みべき量とするものである。この手法の有効性は、本誌 2005 年 5 月号に三菱自動車工業㈱の事例として紹介した。一方、後者はスプリングバック解析結果から得られる変形量をもとに、PS2G 内で金型形状に自動的に見込みを入れる機能で、設定した目標公差に収まるまで自動で繰返し収束計算させることも可能である（図 5）。

金型づくりに十分活用できるレベルに達した PS2G だが、さらに実機に近づく研究開発も怠ってはいない。近年では特に、日本の研究者の材料モデルに関する研究成果を PS2G に取り入れることにより、解析精度向上を実現している。

ひずみの集中を精度良く予測できるようになる伊藤-呉屋モデルや、曲げ-曲げ戻し成形のような繰返し負荷時の応力を正確に予測し、かつ弾性係数の予ひずみ依存性も加味する吉田-上森モデルがこれに相当する。両モデルとも、複数のユーザーにおいてその効果が実証されている。特に吉田-上森モデルはスプリングバック予測精度向上に効果的なことから、学会などで複数の事例発表がなされている（図 6）。

鈴木工業㈱での活用事例

1. 現在までの運用状況

1964 年（昭和 39 年）の創業以来、一貫してプ

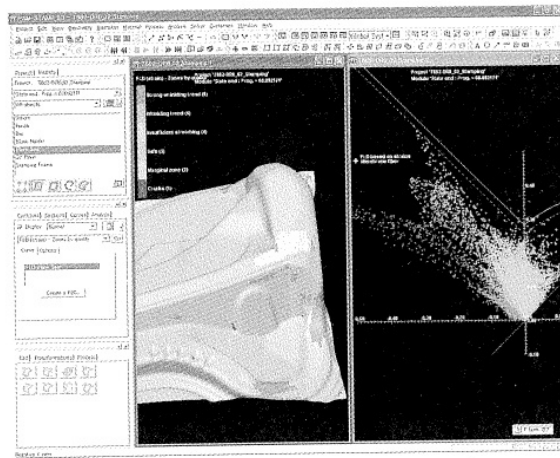


図7 成形性解析事例 (FLDによる割れ判定)

レス金型設計製作を手がける群馬県太田市の鈴木工業㈱。先進的な取り組みを積極的に進める同社は成形シミュレーションにもいち早く注目し、2002年にPS2Gを導入した。型設計と製作現場が直結している同社の強みは、現場のノウハウをしっかりと分析して成形シミュレーションに反映できる点にある。

型の仕上げ具合や型の剛性によって成形結果は左右される。また、銅板材料にバラツキがあることも無視できない要素である。しかし成形シミュレーション上では、型の仕上げにバラツキが出ることや型がたわむこと、銅板にバラツキがあることは反映されない。それらを踏まえて成形シミュレーションを活用することにより、同社は割れおよびひずみ対策に大きな成果を挙げてきた(図7)。

その後、同社はスプリングバック解析へと解析の手を広げ、2006年にはコンベンションツールとスプリングフォワード機能を駆使して、スプリングバック見込みを行うようになった。もちろん、現場のノウハウを成形シミュレーションへ反映させて活用しているからこそ、「意味がある道具」になっていると言える。

2. シミュレーション使いこなしのコツ

成形シミュレーションはあくまで「道具」である。そのまま現場を100%完璧に再現するもの

ではない。もちろんシミュレーションを開発しているイーエスアイでは、100%の再現に近づけるための研究開発を行っている。一方で、プレス成形をよく理解する鈴木工業㈱のようなユーザーでは「道具」を使いこなすノウハウを持っているため、十分成果を挙げることができる「道具」として機能している。

それでは、「道具」を使いこなすノウハウにはどんなものがあるだろうか。たとえば、銅板材料物性を成形シミュレーションのデータベースに入っている値をそのまま用いても、正しい解析が望めないことが挙げられる。同じ鋼種であっても、特性が大きく違っていることはよくある。

トライアルや量産で使う銅板の特性値を調べ、シミュレーションに入力することが理想だが、それができないまでも解析と実機との銅板特性の差を踏まえて解析結果を分析することが必要である。

またシミュレーション上にある仮想のプレス機は、正確無比で無限の加圧力を出すことができる。また金型はCADデータ通り正確な形状をしている上、たわむこともないために上下型のクリアランスが狂うこともない。しかし、現場はこのようない理想状態にないことも事実である。この差を補正するテクニックとしては、シミュレーション上で下死点まで型を降ろすのではなく、ごくわずか手前(0.1~0.2mm程度のレベル)で止めて、押しを甘くすることが挙げられる。どの程度押しを甘くすると実機に最も近づくかについては、銅板強度や型剛性、型仕上げの具合などで変わるため、そこが各社の使いこなしのノウハウになる。

3. 最近の取り組み

鈴木工業㈱ではPS2Gによるスプリングバック解析の開始と同時に、現場でプレス部品の寸法精度をより詳細かつ迅速に測定を行えるよう、カメラタイプの非接触3次元デジタイザ(コニカミノルタVIVID9i)を導入した。この測定器の導入によりトライアル部品の悪さが「見える」ようになり、トライアル削減を実現できた。それと同

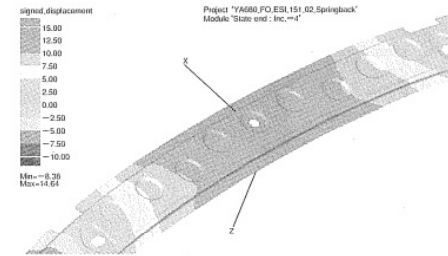


図8 初期金型でのスプリングバック量



陰影のみ：見込み後形状
格子入り：見込み前形状

図9 見込み有無金型の比較

時にシミュレーション結果の「合わせ」を進めることで、前述したような使いこなしのノウハウを蓄積していった。その結果、金型をつくる前にシミュレーションでスプリングバック見込みを入れることができるレベルになってきている。

今回は590MPa級ハイテンの部品に対し、PS2Gで見込みを入れた例を紹介する。図8に見込みを入れない状態でのシミュレーション結果を示すが、中央部が図寸より最大15mm弱も落ち込む結果になっている。この部品は、見た目はなだらか形状をしているが、それゆえスプリングバックも大きく出る傾向がある。結局、PS2Gで弾き出した見込み量は、図9に示すように製品形状部で最大30mm強というものであった。この見込みを入れた金型を製作してパネル取りを行い、上述の非接触3次元デジタイザで測定を行ったところ、図10のように全体の97.6%が図寸±1mmに収まることが確認できた。図11にPS2Gの予測結果と実パネルの比較を示すが、良い一致を示すことが確認できる。

☆ ☆

鈴木工業㈱の事例を通じ、現場と密着した成形シミュレーションの活用方法を紹介した。プレス

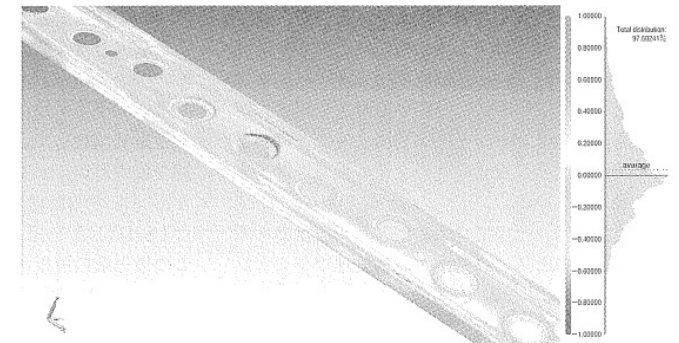


図10 見込み入り金型で打ったパネルの精度



図11 PS2Gと実パネルの比較

成形専用ソフトとして開発が始まってから20年近くが経ち、大手自動車メーカーだけでなくプレス成形に携わる方々に幅広く利用いただき、成果が上げられるシステムに成長してきたことをご理解いただけることと思う。今後もさらに現場で役立つシステムになるよう、ユーザーの要望に沿った開発を進めていきたいと考えている。

最後に本稿の作成に当たり、鈴木工業㈱よりデータならびに貴重な体験談を提供いただいたことに御礼申し上げます。