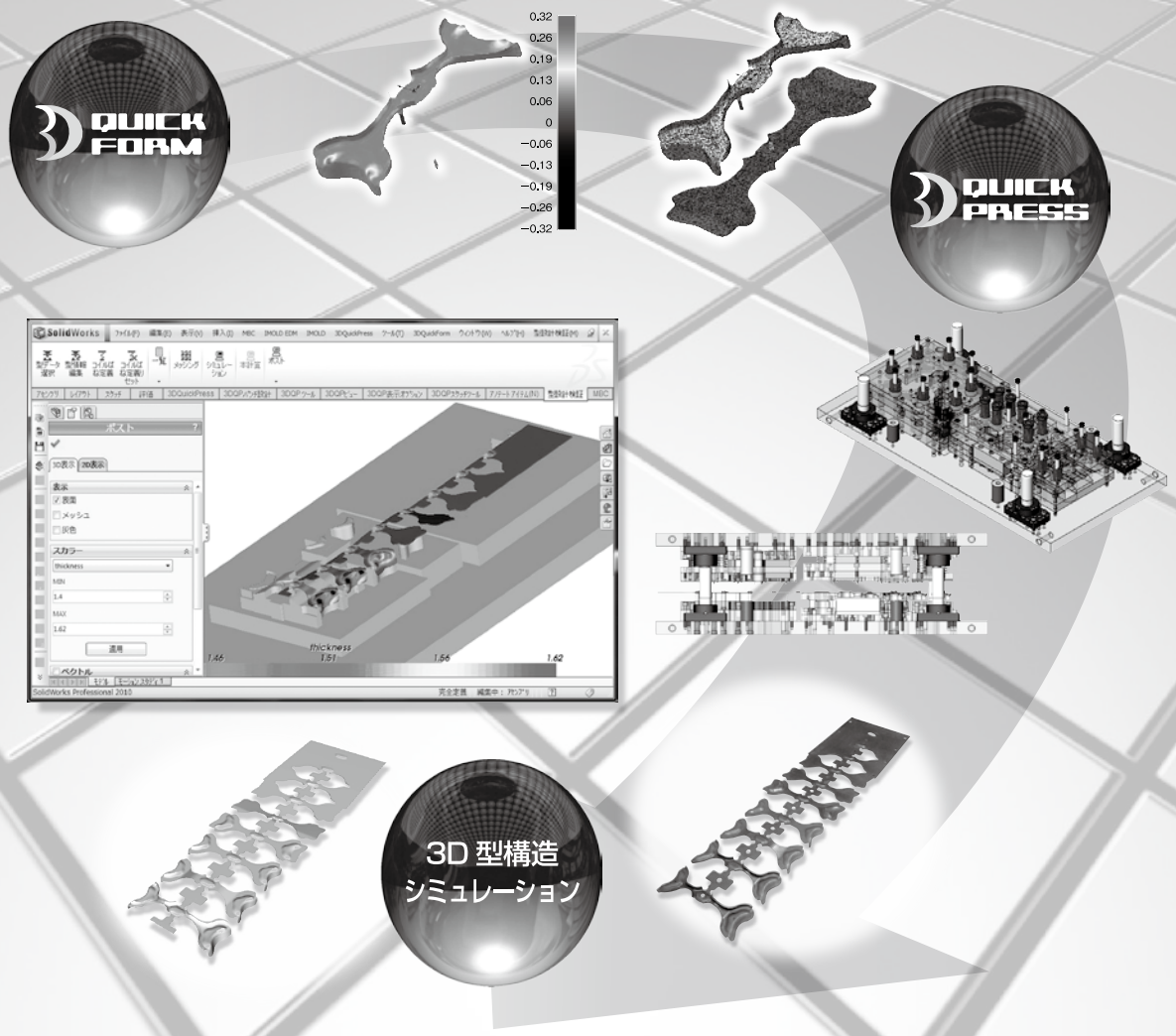
日刊工業新聞社発行『プレス技術』2011年10月号（第●●巻 第●号）別刷

プレス設計における3次元型構造シミュレーションの提案

3D型構造シミュレーション



株式会社ナノソフト

日刊工業新聞社 発行

目　次

プレス設計における
３次元型構造シミュレーションの提案

第１回　成形シミュレーションから金型構造シミュレーションへ …… 1

第２回　金型設計からシミュレーションへのダイレクトな展開方法 …… 5

第３回　型構造シミュレーションのプレス不具合発見能力 …… 9

第４回　プレス不具合のメカニズム解明と対策 …… 13

第５回　加工レイアウト検討に向けた型構造シミュレーションの活用 …… 17

第６回　型構造シミュレーションで設計効率を向上させるための運用法 …… 21

新連載

プレス設計における 3次元型構造シミュレーションの提案

第１回

成形シミュレーションから 金型構造シミュレーションへ

㈱ナノソフト
大町勝一郎

1 開発の経緯

言うまでもないが、日本の製造業は海外の安価な人件費に頼ったグローバル生産に起因し、技術ノウハウの消失や熟練工不足などの問題に直面している。こうして海外の技術に押された日本の製造業は危機的状況に陥っている。

プレス加工の分野では特に顕著で、この問題に打ち勝つには人件費や型費を削減してコスト面で努力する必要があるとともに、プレスノウハウを伝承するための人材育成も重要というのが業界の共通認識でもある。

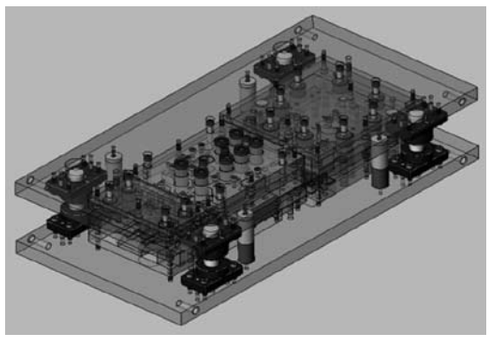
こうしたことを背景として大手企業を中心にCAEが普及し、プレス業界に貢献してきたが、それでも加速的に悪化する状況を打破できず、下請企業にしわ寄せが来ている。そこで筆者は設計フローを今一度見直し、CAEのあるべき役割を見つめ直した。そしてたどり着いたものが、今までとは異なる位置づけで設計フロー上に登場する金型構造シミュレーションである。これは、金型設計ソフト「3 DQuickPress」で作成した組図データをそのままシミュレーションに掛ける仕組みであり、これを経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業の枠組みの中で開発した（図1）。

こうした経緯を踏まえ、本連載ではプレス設計のフローにおけるCAEの位置づけに重点を置き、新しい設計のコンセプトについて6回にわたり話題提供する。今回はその第1回目として、考え方や特徴など全体像について紹介する。

2 CAEのコンセプト

設計業務における現状のCAEの使われ方を考えるに当たって、製品図を受け取ってから工程設計を終了するまでの設計フェーズを追いかけてみ

*（おおまち　かついちろう）：代表取締役社長
〒222-0033　横浜市北区新横浜1-3-1　新横浜アーバンスクエア
TEL：045-473-3015　FAX：045-473-3058



▲　型モデリング（シミューレーション入力データ）

▲　シミュレーション結果

図１　３Ｄ型構造シミュレーションの例

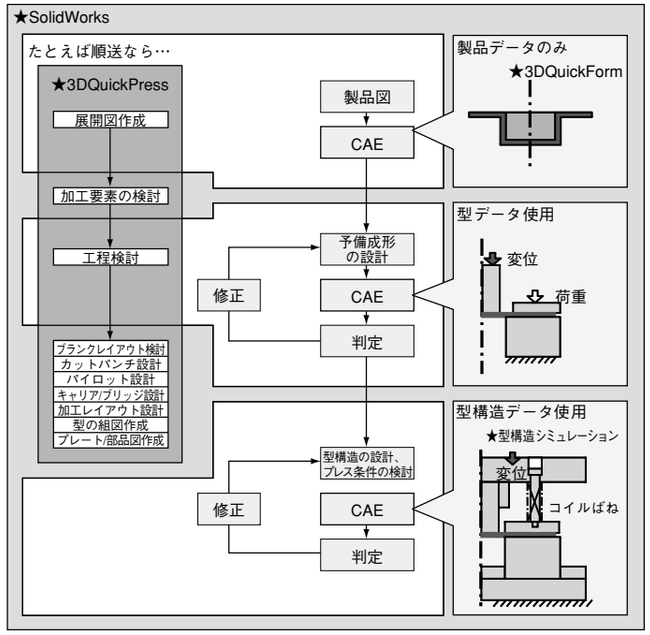


図２　設計フローにおける CAE

ると、

○製品図のアレンジ
○展開図・・・・・・・・CAE の活用その１
○加工要素に分解
○工程図・・・・・・・・CAE の活用その２
○ブランクレイアウト図
○ストリップレイアウト図
○各種プレートのレイアウト図
○ダイセット決定と組図や部品図の作成

というように CAE は２カ所に登場する。ここで、まずはこれら現状の「CAE の活用法その１と２」について触れておく。

CAE の活用その１は展開図作成のための設計ツールで、この展開図とあわせて成形可否を予測する。ただし型は登場せず、製品図からのみの予測である。一般的には CAE は設計検証ツールであるが、展開図作成としての CAE は検証用ではなく設計ツールそのものとしての性質が強い。

CAE の活用その２は工程検討のための設計検証ツールで、型は登場するものの金型構造は考慮しない。つまり成形金型以外の型・プレート・ブロックやこれらの位置関係、そしてコイルばね・ピン・ボルトも考慮しない。ここでの CAE は設計検証ツールであるが、シミュレーションで考慮していない現象が実トライにおいて不具合となって現れる。

これを回避するには、組図作成後の実トライ直前のタイミングで、実トライとまったく同じことを CAE に掛けて不具合を見抜く必要がある。しかし、いわば「CAE 活用その３」と言えるものは現状では存在しない。この「その３」こそが、本紙の主題である金型構造シミュレーションに該当する。

金型構造シミュレーションが従来の CAE と比べて異なる点を整理すると、

○設計フローに登場するタイミング（図２）
　金型構造を扱うため、組図を作成した後でシミュレーションに掛ける
○不具合予測（図３）
　金型構造に起因する不具合も予測でき、より実トライに近い状態での不具合予測ができる

ことが挙げられる。なお後者に関し、実トライに近いシミュレーションが可能となることで期待できるポイントは以下の３つである（図４）。

○トライに対して
　生産準備部門において事前に不具合を予測できるため実トライの回数が減り、トータルの設計期間が短縮する
○製造に対して
　量産用の型費用を低減するための工程短縮の各種案（工程省略、工程合体、複数型の一体化）の是非を確認できる
○難加工材に対して
　難加工材特有の不具合（プレス荷重、割れ、スプリングバック）を複雑な金型構造によって回避する場合、その予測計算ができる

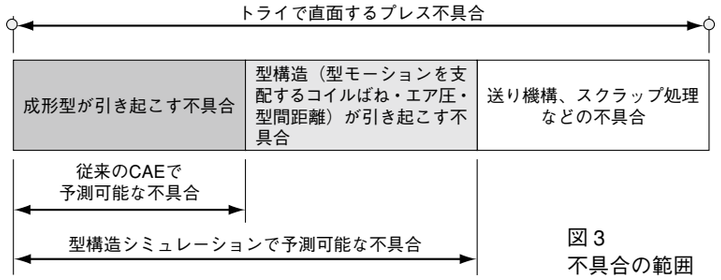


図３
不具合の範囲

このように、金型構造シミュレーションは生産準備工程や製造側の費用低減策の検討に具体的に貢献する。

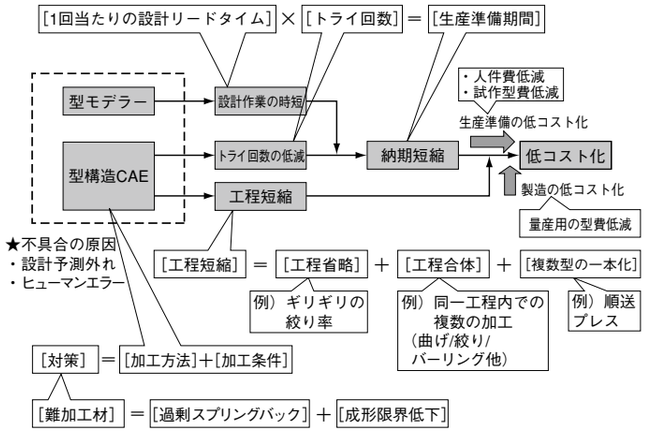


図４　費用低減に向けたコンセプト

3 型データの生成

CAE のための現状の型モデリングは、CAE 側の前処理の段階でモデリングしてそのまま CAE に掛けるパターンと、CAD からの出力を CAE に掛けるパターンがある。両者とも機能アップしてかなり便利になってきている。特に製品データから CAE のための型データをつくるまでの技術革新は著しく、穴埋め・ダイフェース生成・型分割・フィレット生成などシミュレーションしやすい形にデータ処理する一連の仕組みが注目を浴びている。

その一方で、CAE を実トライに代わるツールととらえたとき、トライに必要な金型構造情報をそのまま CAE 側に提供する仕組みは確立していない。言い換えれば、CAE が実トライ通りの結果を出力するものではなく、設計素案を考えるときのサポートツールという性質が強いため、その必要性がなかったと言える。

これに対して今回開発したものは、金型設計ソフト３DQuickPress で作成した組図データを、そのまま CAE 側に持ってくる仕組みである。CAE に用いる金型構造のデータを CAE 内部の前処理で作成するのではなく、プレス設計専用の３DQuickPress に任せ、それを簡単ハンドリングで CAE が読み込む仕組みにしている。ツールの構成として SolidWorks 上に３DQuickPress と２つの CAE がアドインする形態をとり、

○CAD　　：SolidWorks
○金型設計ソフト：３DQuickPress
○CAE　　：３DQuickForm
　　：３D 型構造シミュレーション

となっている。３DQuickPress は SolidWorks のゴールドパートナー製品である。３DQuickForm は前節の「CAE の活用その１」に該当する商品である。今回開発した３D 型構造シミュレーションは文字通り金型構造を扱うことはもちろん、「CAE の活用その２」の機能をも包含する。

4 新開発した型構造シミュレーションの特徴

(1)予測機能

シミュレーション結果に対して、板厚変化の確認、寸法測定、スプリングバックや曲げ・フランジなどの形状確認、外観（割れ、しわ、型当たりなど）の確認が行える機能を有している。

(2)取り扱うプレス部品

金型構造のアセンブリをすべてシミュレーション対象にする。つまり、開発したシステムでは３DQuickPress で作成した金型構造ですなわち、

○成形金型ほかブロックなどを含むすべての型
○パンチホルダ、バッキングプレート、パンチプレート、ストリッパプレート、ダイプレート、ダイホルダなどの各種プレート
○コイルばね、ピン、ボルト、エア圧

などの情報をそのまま CAE に渡す（図５）。

(3)型モーションの扱い

金型構造を忠実に再現することで型同士の相互接触を判定し、荷重や型位置の変化を自動的に追従する。つまりプレートや型などの部品の中には、スライドとの接続から成形中の下降がわかっているもの、別のプレートや型を介して動きが決まっ

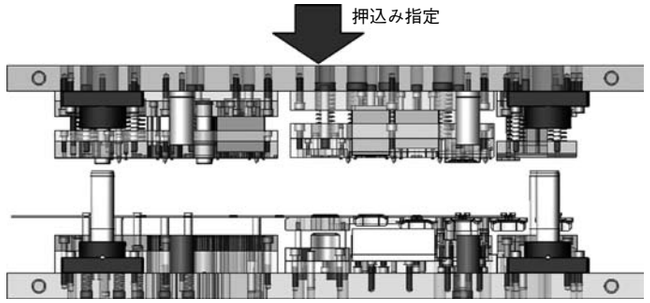


図５　金型構造シミュレーションのイメージ

ているもの、静止しているもの、コイルばねやエア圧により動きが読めず、さらには成形中に別のプレートや型と接触することで動きに変化が生じるものなどさまざまである。

新開発の型構造シミュレーションでは、これらの部品を扱うが、個々の動きを個別に入力することなく、計算にはパンチホルダなど動きがわかる部品のみに押込み量を与えればよく、それ以外の部品の動きの変化は計算中に自動的に考慮される。なお、カムドライバやカムスライドによる動きを考慮することも可能である。

(4)プレス加工法

単発やトランスファの場合は、再絞りなど成形方法の検討が行え、成形荷重の結果からプレスラインの選定検討にも利用できる。

一方、順送プレスでは、送り・切断・曲げ・絞り全ステージを、アイドル工程を含めて丸ごとシミュレーションする。これによって送り方向の反りによる不具合や、複数ステージに押え荷重が作用する可動ストリッパの影響、他のステージが影響する型上への板の座り方など、順送特有の構造を踏まえた挙動を観察できる。もちろん、簡易的には１ステージのサイズに切った板を使って計算することも可能である。

なおソリッド要素を使っているため、しごき加工にも対応可能である。

5 成形シミュレーションから金型構造シミュレーションへ

現状の設計におけるCAEの位置づけは、設計中の展開図作成や工程検討のサポートツールである。そして、後者の工程検討に関しては、設計終了後にトライで不具合が出ないかを予測するツールというよりも、むしろ白紙の状態から加工方法の案を出しては直ちに確認して修正案の参考にするような運用法が一般的であり、言わば「ながら設計」のサポートツールという印象が強い。そして、これは確かに設計に役立つものであり、それを効率的に運用するための計算用の型データ作成の仕組みが発展してきた。

こうした歴史を踏まえながら、筆者はCAEの位置づけを、組図をつくった後の最終検証用ツールに格上げし、実トライさながらに不具合を予知し、不具合のメカニズムを調べ、不具合対策に役立てようと考えた。従来の成形シミュレーションから金型構造シミュレーションへのステップアップを狙ったものである。それに適した型データ作成の仕組みは従来と異なり、金型設計ソフト3DQuickPressで組図を作成して、そのデータをそのままCAEに持ってくるのが好都合で、これを経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業の枠組みの中で開発した。

今回は本システムの主旨にウエイトを置く形で連載の始まりとした。次回は本システムのオペレーションについて紹介する。

check point

金型構造シミュレーションは、
金型設計ソフトで作成した組図情報を丸ごと扱える。
金型構造に起因する不具合まで見抜いて
トライ回数を低減！

連載

プレス設計における3次元型構造シミュレーションの提案

第２回

金型設計からシミュレーションへのダイレクトな展開方法

㈱ナノソフト
大町勝一郎

1 オペレーションの全容

前回は金型構造シミュレーションの主旨に力点を置きながら、金型構造を丸ごとシミュレーションに掛ける手法について話題提供した。設計から設計検証に至る全体の流れは、

○「3DQuickForm」による初期ブランク設計
○「3DQuickPress」による金型設計
○「3D型構造シミュレーション」による検証計算

である。

これらのソフトは、SolidWorksのアドインであることの特徴を活かし、ユーザーインターフェイスもそれを踏襲したつくりにしているため、馴染みやすく使いやすい。「3D型構造シミュレーション」はコマンド数も極力少なくし、シンプルなメニュー構成にした。ユーザーは金型設計後、すぐに金型構造のシミュレーションを行うことができる。そのあたりの操作性について画面を交えながら紹介する。

2 シミュレーションの準備

(1)部品の抽出

金型設計ソフトで作成したデータには、

○シミュレーションで使わない付属部品
　～ガイドポスト、ピン、フックなど
　※計算には取り込まない
○シミュレーションで使うが、形状情報を必要としない部品
　～コイルばね、ボルト
　※形状データを読み込まず、パラメータ入力でフレキシブルに対応可能（次節を参照）

を含んでいるためこれらを除く部品、すなわち形状情報が必要な部品だけを、

○U（上部品）／M（中間部品）／L（下部品）
○プレート／パンチパーツ

というキーワードで自動抽出する（図１）。

U（上部品）とは、ストリッパプレートよりも上に存在するパンチホルダやバッキングプレート、パンチプレートなど上型に埋め込まれる部品を指す。一方、M（中間部品）はストリッパプレートおよびそれに付随する可動部を指す。L（下部品）は、板よりも下に位置するダイプレートやダイホルダなど下型に属する部品である。ユーザーは、Uのプレートとパンチパーツ、Mのプレートとパンチパーツ、Lのプレートとパンチパーツという手順で部品を抽出していく。

☞メモ①

形状を必要とする部品だけを抽出してデータを軽くする

この抽出作業の折、パンチホルダなどのように押し込むべき部品を１つ選ぶ。その部品の動きは他の部品の動きと自動的に連携するため、部品ごとにその動きを設定する必要はない。

(2)コイルばねの設定

コイルばねは２つのプレート間、２つのパンチパーツ間、プレートとパンチパーツの間に存在し、

*（おおまち　かついちろう）：代表取締役社長
〒222-0033　横浜市港北区新横浜1-3-1　新横浜アーバンスクエア
TEL：045-473-3015　FAX：045-473-3058

可動ストリッパやカウンタパンチによる板押え、ノックアウトによる払い出し、リフタによる板の支持などを担っている。このコイルばねをシミュレーションで扱うに当たってはコイルばね形状を使わず、

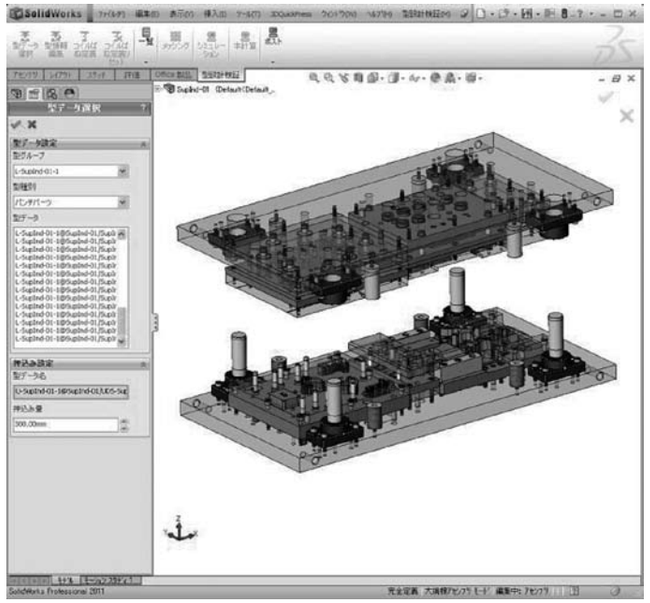


図１　部品の抽出

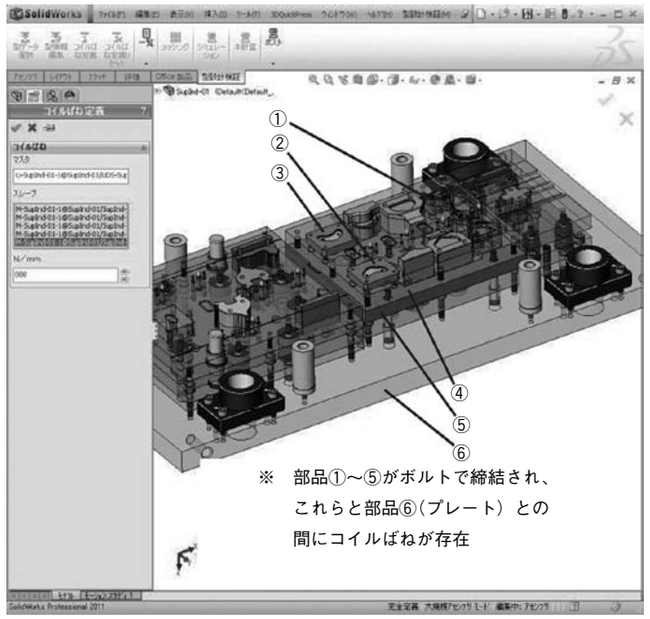


図２　コイルばねの設定

○ばね定数
○ばねが接続している両端の部品
の情報を使う（図２）。

コイルばねが接続する部品を指定するには、その部品を画面からクリックする。部品が別の部品とボルトで締結されている場合には、締結先の部品も選択する。こうすることでボルトの形状データを読み込まずとも、ボルトの存在はシミュレーションに取り込まれる。加えて言えば、コイルばねとは無関係に随所にボルトは存在するが、これらについてもその形状データを読み込まずとも、U/M/L の概念を使ったシステム特有の工夫によりボルトの存在が計算に反映される。

☞メモ②

ボルトの形状データは
読み込まないが、
締結状態は考慮されている

さらに、ボルトで締結された複数の部品を、システム内部で一体化しており、これによってシミュレーションで扱う部品点数が減る。前節の部品抽出と、このコイルばねに関連するボルト締結部品の一体化により、シミュレーション内部で扱う部品数は概ね半減するが、それによってモデルを省略しているわけではなく、別の形で反映されている。

☞メモ③

ボルトで締結された部品を
一体化することで、
データ数を減らしている

(3)メッシング

板と型部品の両方にメッシングが必要である。前者の板メッシュについては、シミュレーションというコマンドの中でメッシュサイズを入力する。後者の型部品メッシュについては三角形メッシュデータを生成する外部ツールを、メニューから呼び出す仕組みとしている。

(4) 条件設定

条件設定では、板の材質や板の長さを設定する（図３）。この板の長さについて、順送プレスであれば何ステージ分の板取りかを指定することにより、全ステージの計算だけでなく部分的なステージ計算にも対応できる。また、製品形状の対称性（対称であれば部分モデルで計算）などを入力する。対称設定を行うことで、ソルバの計算時間を短縮することに寄与する。

3 本計算の実施

計算の準備が終わったら本計算に移り、スタートボタンを押す。これによって、送りや切断や成形（曲げ、絞り、張出し、バーリングなど）を含む、全ステージ通しのシミュレーションを開始する。その間の作業は一切発生しない。

4 結果の表示

シミュレーション結果を観察するに当たっての作業の流れは、
○結果データの読み込み
　～変形した板や移動した型部品の情報
○表示

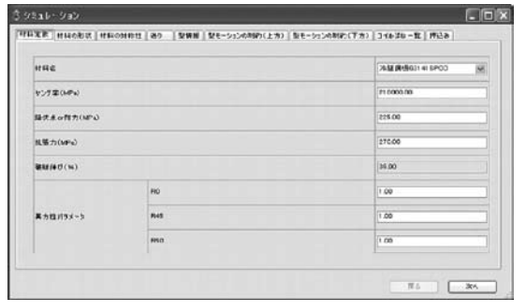


図３　条件の設定

～形状の表示やプレス不具合の表示
という手順になる。

変形した板の情報については、変形前から下死点に至る押し込みを一律で 20 分割している。各段階での成形途中データが存在するので、必要に応じて読み込むデータを抽出し、パンチパーツやプレートなどの部品データを重ね合せて表示する。

形状の表示にはメッシュ表示と灰色の金属色表示とコンタ表示がある。コンタ表示の色分けで強弱を表す対象は、
○面圧
○板厚
○割れ
である（図４）。面圧やそのベクトル表示からは

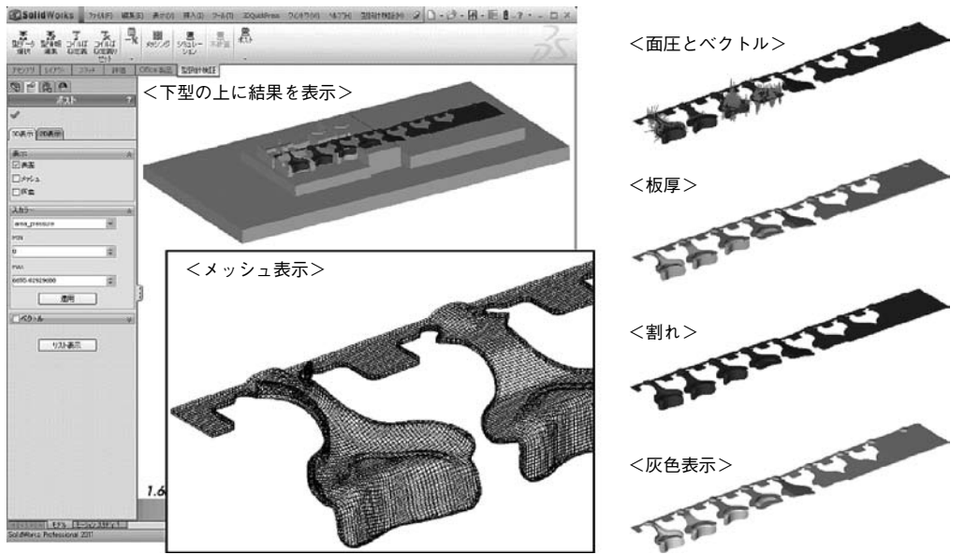


図４　結果の表示

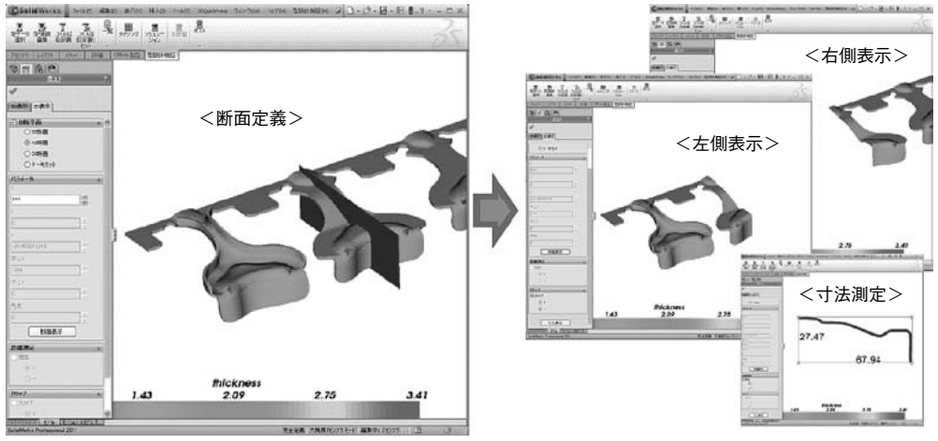


図５　切断面処理

板と型の当たり状況を把握でき、たとえば、

○想定外の部位において両面から板をつぶす、いわゆる胴突き状態になっていないか

○絞りに伴う板厚増加によりパンチ－ダイ間のクリアランスが不足していないか

○しごき加工ができているか

などをチェックする。

板厚のコンタ表示について、製品設計側の要求により板厚に制約があるとすれば、板厚の合否をチェックできる。もし板厚と割れの関係を標準化してあれば、板厚から割れを予測してもよく、システム独自で持っている割れ評価指標で判断してもよい。

表示方法に関しては断面表示機能を持っており、さらに断面形状をサイズ表示付きの矩形枠で囲むことにより、簡易的に寸法を知ることもできる（図5）。

5 オペレーションの特徴

金型構造シミュレーションでは、その名の通り金型構造を丸ごと扱う。とはいえ順送プレスの場合、プレートやパンチパーツ、コイルばね、ボルト、ピン、ガイドポストほか各種部品すべてを含めると部品点数が膨大になり、さらに型を分割している場合や組付タイプの駒を多用する場合には、その数は一気に増える。

ところがボルトやコイルばねの形状データを使わず別な方法で取り込んだこと、また内部で部品を合体することにより、

○シミュレーションで読み込む部品数を減らす

○減らした部品もシミュレーションに反映する

という矛盾した要求を満たすことができた。このようなユニークな仕組みが、金型構造シミュレーションの技術を陰で支えている。次回は、具体的なモデルを使った事例を紹介しよう。

check point

型構造シミュレーションで使う部品は自動抽出。
さらに部品数を減らす
独自の仕組みでデータ量を軽減し、
組図を丸ごとシミュレーション!

連載　プレス設計における
3次元型構造シミュレーションの提案

第３回

型構造シミュレーションのプレス不具合発見能力

㈱ナノソフト
大町勝一郎*

1 事例の紹介

第１回では金型構造シミュレーションの概要、第２回ではオペレーションについて記した。今回は計算事例として、経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業の中で試みたテストについて紹介する。

例題として取り上げたものは次のような特徴を持つ順送プレスの製品である（図１）。

○両端のフランジを細いアーチでつなぐ対称形状

○両端のフランジは膨らみを持ち、そのエッジは立ち上がる

○アーチはサイドエッジが立ち上がってＵ字断面の溝を形成する

○アーチはストレートではなく起伏を持つ

○製品中央部には膨らみがある

○アーチ中央部と両端フランジ部に丸穴がある

この製品について、

①設計：展開図、ブランクレイアウト、ストリップレイアウト、型設計

②設計検証：型構造シミュレーション

の順で作業を進めた。今回はその内容および初回トライの結果について紹介する。

2 設計

(1)展開図とブランクレイアウト

3DQuickForm を使って、まず初期ブランク図を作成した。次にアーチ部は曲げ加工とサイドエッジのフランジ加工を別工程に、また両端のフランジは膨らみをつける張出し加工と立ち上がりのフランジ加工を別工程で扱うことを考慮し、部分的な展開も行った。

(2)ストリップレイアウトと型設計

この製品を加工要素にばらすと、

○切断（外周トリム、丸穴抜き）

*（おおまち　かついちろう）：代表取締役社長
〒222-0033　横浜市港北区新横浜 1-3-1　新横浜アーバンスクエア
TEL：045-473-3015　FAX：045-473-3058

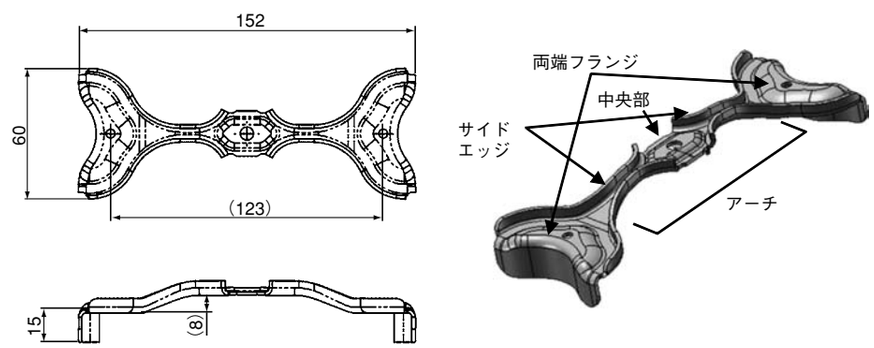


図１
検証に用いた
製品

表１　加工順序

※成形は切断以外の変形加工

ステージ番号	内容	切断	成形	可動ストリッパ
第１ステージ	ピアス、成形（中央部の膨らみ）	●	●	前半
第２ステージ	ピアス、ノッチング	●		
第３ステージ	ノッチング	●		
第４ステージ	ノッチング	●		
第５ステージ	ノッチング	●		
第６ステージ	成形（両端フランジの膨らみ）		●	中間
第７ステージ	フランジ成形（両端の立ち上げ）		●	
第８ステージ	ベンド（アーチの曲げ）		●	
第９ステージ	フランジ成形（アーチのＵ溝）		●	
第 10 ステージ	ピアス	●		後半
第 11 ステージ	切出し	●		

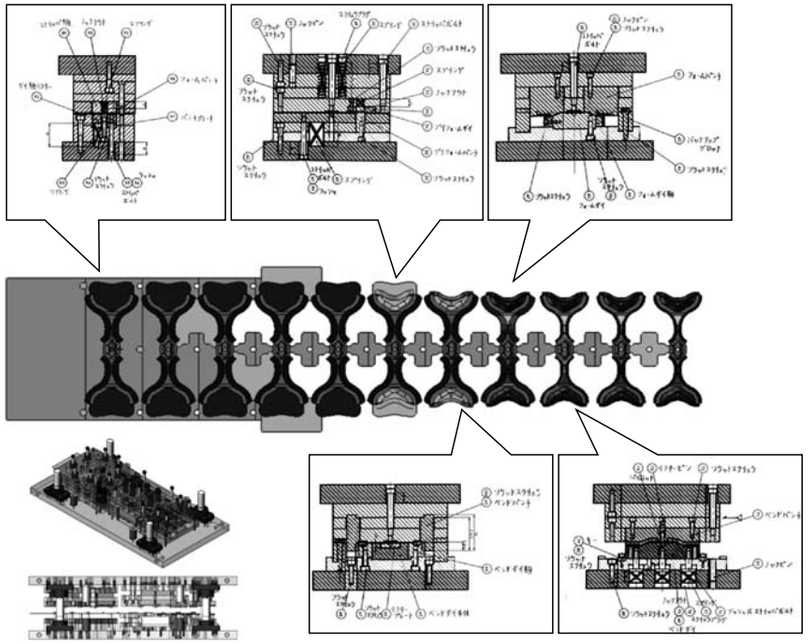


図２
ストリップレイアウトと型データおよび型構造断面

○曲げ（アーチ部分の起伏）
○フランジ加工（両端エッジ、アーチのサイドエッジ）
○絞り／張出加工（製品中央部や両端の膨らみ）

という構成になる。これをもとに表１に示す 11 工程のステージでストリップレイアウトをつくり、型設計を行った（図２）。部品数は 542 点である。

3 型構造シミュレーションでの検証

(1)シミュレーションでの検証方法

第２回連載内容の要領で型構造データをダイレクトに型構造シミュレーションに渡して検証計算を行った。このとき、シミュレーション内部では 37 部品に減っており、部品数を減らしながらも、減らした部品を考慮していることは、すでに前回で述べた通りである。

シミュレーションを実行するに当たり、その運用法として、

①まずは１ステージ分の板取りでシミュレーションに掛け、ステージ単独のプレス不具合をチェック
→計算時間を短縮するため

②ステージ単独のプレス不具合を消した後は、全ステージ分の板取りでシミュレーションに掛け、送り方向の不具合をチェック
→１ステージ分の板取りでは予測できないプレス不具合をチェック

という２段階で進めるのが望ましい。ただし今回は検証の目的により、両者を並行して実施した。

(2)シミュレーションでの検証結果

図３に示すように１ステージ分の板取りで計算したところ、第９ステージにおいて、

○両端フランジのエッジで当たり発生
○両端フランジの立ち上がり部の直角度が不良

の２つのプレス不具合が発生した。前者は逃がしたはずの型に当たる不具合、後者は前ステージで形状が出たにもかかわらずエッジが開く不具合で、一見していずれも不可解な現象である。これらのプレス不具合に関する考察（不具合発生のメカニズム、不具合回避に向けた対策）については次号で紹介する。

一方、全ステージ分の板取りで計算したところ、コイルばね選定に応じて、成形途中でステージ間に段差が発生するケースがあった（図４）。これは前半ステージと中間ステージの可動ストリッパにかかるコイルばねの強度、言い換えれば荷重のバランスが悪く、下死点に至るまでの成形中の下降の仕方で両者に違いが発生したためである。

☞メモ①

ステージ単独のプレス不具合を１ステージ分の板取りでチェック、送り方向のプレス不具合をフルステージの板取りでチェック

4 プレス機械による初回トライ

型構造シミュレーションでは前項の通り、プレス不具合を予測してはいるが、プレス機械での初回トライでは、シミュレーションの予測能力をテストするため、あえて不具合対策を行わず従来通りの検証を実施した。

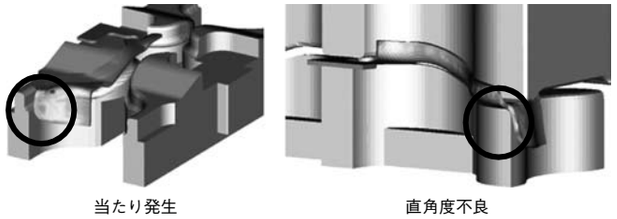


図３　シミュレーションが予測した２つのプレス不具合

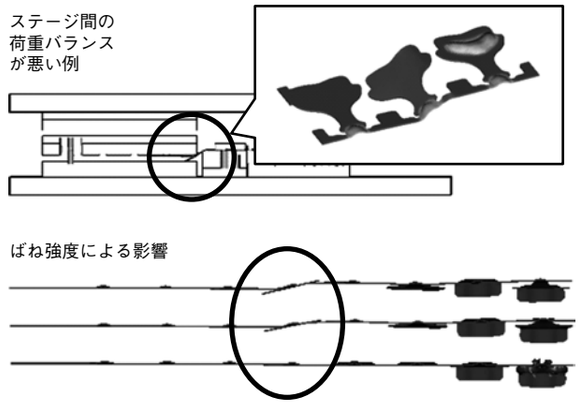


図４　複数ステージの板取りでの計算結果

☞メモ②

今回の初回トライは、型構造シミュレーションの検証として、不具合対策をせずに設計素案のまま実施

ここで初回トライに限っては、

○ブランク型をつくらず、ワイヤ放電加工を利用してブランク材を作成
○このブランク材を使ってステージごとに手送りでトライ

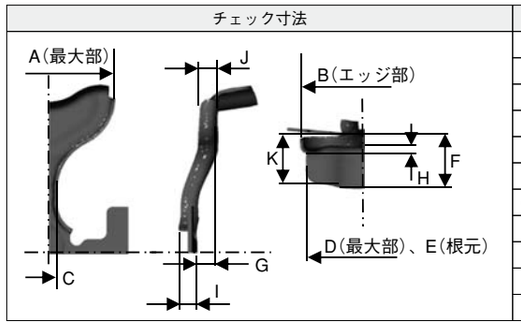
とした。このため前半の可動ストリッパがカバーする第１～５ステージを空にして初回トライを行った。

☞メモ③

初回トライではブランク型を用いず、ワイヤ放電加工で対処

こうしてプレス機械による初回トライを行ったところ、シミュレーションの予測結果通りに、

表２　初回トライの結果と計算結果の寸法比較（9 ステージ）



	トライ	FEM	差
A	60.11	60.07	−0.04
B	60.10	59.84	−0.26
C	8.25	7.98	−0.27
D	54.58	54.64	0.06
E	54.28	54.14	−0.14
F	25.63	26.23	0.60
G	10.05	9.81	−0.24
H	4.32	3.57	−0.75
I	7.19	7.79	0.60
J	6.67	7.53	0.86
K	23.95	23.59	−0.36

とを確認できた。なお、現物では当たりによって破断が発生した（表２、写真１）。

☞メモ④

シミュレーションでもプレス機械による初回トライでも、２つのプレス不具合が発生

写真１　初回トライで発生した２つのプレス不具合

○当たりの発生
○直角度の問題
の２つのプレス不具合が発生した。これによってシミュレーションが現象を正しく予測していることは、フランジ加工に伴う両端のカジリや曲げ線の形状不良、6〜9 ステージの加工順序などであった。しかし、意に反してプレス不具合は別のところで発生した。もし型構造シミュレーションをやらなければ、心配している部分を過剰に考え込む一方で、本当に不具合となる部分を見落とす恐れがある。その結果トライ回数が増えるとともに、型のつくり直しが必要となる。型構造シミュレーションを使えば、設計時のケアレスミスはもとより、想定外も想定内もすべてのプレス不具合を洗い出すことができるということを、この検証モデルを通して証明することができた。

5 型構造シミュレーションの寄与

型構造シミュレーションはこのような、
○設計不具合を見抜く
ということに加え、
○不具合発生のメカニズムを理解する
○不具合回避に向けた対策を導き出す
という役割も担っている。これについては次号で紹介する。

check point

型構造シミュレーションで予測したプレス不具合と、検証用のトライで発生したプレス不具合が一致した。実用に耐え得るプレス不具合発見能力を証明！

連載　プレス設計における
3次元型構造シミュレーションの提案

第４回

プレス不具合のメカニズム解明と対策

㈱ナノソフト
大町勝一郎*

1 プレス不具合原因解明と対策への利用

前回の報告では「型構造シミュレーションのプレス不具合発見能力」について報告した。これに続き今回は「プレス不具合の発生メカニズムと対策」をシミュレーション結果から導き出し、問題解決に役立てるプロセスについて報告する。なお発生したプレス不具合は図１のように、
○両端フランジのエッジで当たり発生
○両端フランジの立ち上がり部の直角度不良
の２つで、シミュレーションと現物の両者で確認されたことは、すでに報告した通りである。これらの不具合を例にとって個別に報告する。

*（おおまち　かついちろう）：代表取締役社長
〒222-0033　横浜市港北区新横浜 1-3-1　新横浜アーバンスクエア
TEL：045-473-3015　FAX：045-473-3058

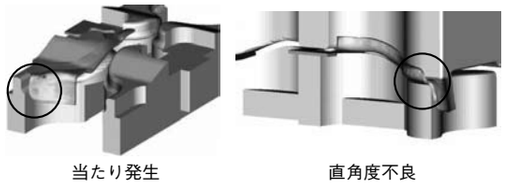


図１　２つのプレス不具合

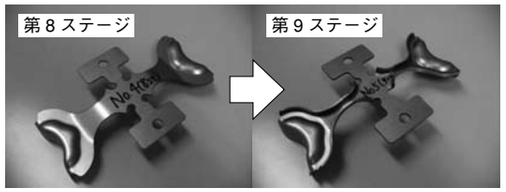


写真１　サイドエッジの立ち上げ

☞メモ①

**型構造シミュレーションの役割は、
①不具合を発見する
②不具合の発生メカニズムを理解する
③不具合の対策を考える**

2 不具合発生ステージの型構造

不具合が発生した第９ステージはサイドエッジを立ち上げてアーチの U 溝を形成するためのフランジ成形を担う（写真１）。図２の型構造では、
○U（上部品）
全ステージにわたるプレートの下に、第 6〜9 ステージに共通のプレートがボルト締結され、成形中は一体で下降。

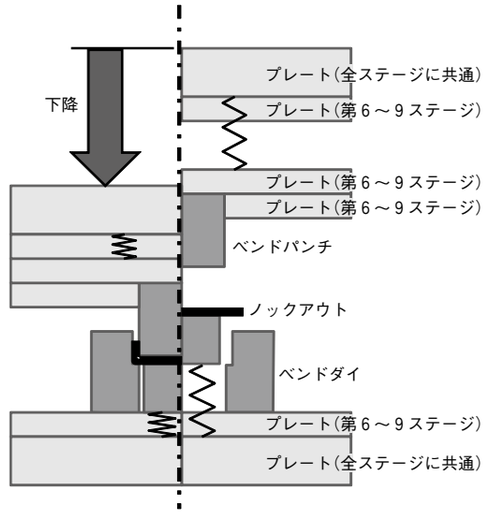


図２　第９ステージの型構造模式図

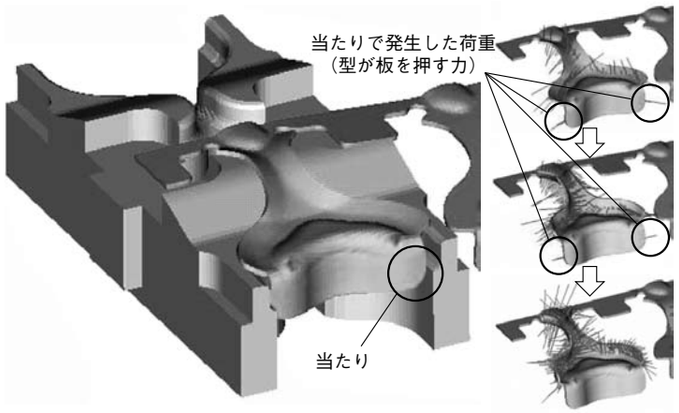


図３
当たりの不具合
メカニズム

○M（中間部品）

第６～９ステージに共通の２枚のプレートがボルト締結され、そのうちの１つにはベンドパンチが組み付けられている。これらＭとＵの間にコイルばねが存在する。

○L（下部品）

全ステージに共通のプレートの上に、第６～９ステージに共通のプレートがボルト締結され、そこにノックアウトとベンドダイが乗っている。ノックアウトとプレートはコイルばね、ベンドダイとプレートはボルト締結。ノックアウトに板が乗り、このノックアウトは払い出しとは別に成形中はカウンタパンチの役割を兼任。ベンドダイは両サイドから板のサイドエッジを立ち上げる役割。

両端フランジは第７ステージで立ち上がり、アーチ部は第８ステージで曲げられている。これにフィットした形状を持つノックアウトに板が座り、ベンドパンチが板を下方へと押し込みながら、両サイドに控えているベンドダイがサイドエッジを立ち上げる。

3 当たりの不具合

(1)当たりの不具合発生メカニズム

シミュレーション結果によれば第９ステージでは両端フランジがベンドダイに当たっていて、「型が板を押す力」をベクトルで表示すると両サイドから板を挟み込む力が発生している様子がわかる（図３）。つまり、第７ステージのフランジ成形で立ち上げた両端フランジの幅が設計値よりも大きくなったために、これが第９ステージで左右のベンドダイの間に納まらなくなったことを意味する。これは第７ステージにおけるフランジ曲げの幅変化を見誤ったことに起因する。

詳しくは、第９ステージではサイドエッジのフランジ加工の折に板のコーナー部が乗るようにベンドダイには段が付けられ、その延長として端部も段付き形状になっている。この端部の段付きが左右のベンドダイの間隔を狭くし、わずかに幅方向に逃がした設計としたものの、板幅の狂いから当たりが発生したものである。

☞メモ②

第７ステージにおける両端のフランジ曲げ幅変化が、第9ステージの当たりの原因

(2)当たりの不具合対策

考え方として、

○第７ステージで決まる両端フランジの幅を正すならばブランク形状を修正

○幅の変化を許容して当たりだけをなくすならば第９ステージの型逃がしで対処

の2つがある。今回は後者を選び、板のフランジが当たらないようにベンドダイの端部の段付きを削ぎ落とした（図４）。ただ、過剰にそぎ落とすと板のコーナー部が乗らなくなるため、サイドエッジと両端フランジの境界ギリギリの範囲のみとした。

☞メモ③

ベンドダイの段付き形状を削ぎ落として当たりを回避

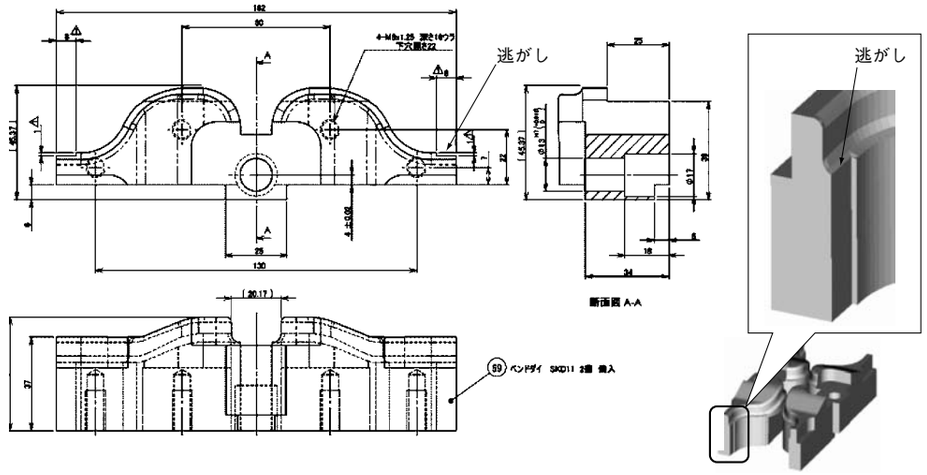


図４
当たりの対策

4 直角度のプレス不具合

(1)直角度の不具合発生メカニズム

両端フランジの開きは一見してスプリングバックのようだが、前ステージですでに形状が出ているためそれは考え難い。シミュレーション結果では押し込むにつれ両端フランジの開きが次第に進展し、何かによって強引に押し開いているようにも見える。「型が板を押す力」をベクトルで表示すると、確かに両端フランジを押し拡げる力が存在している（図５）。注意深く観察すると、ノックアウトの上に板が座った時点で両端フランジとノックアウトの間に空隙があり、押し込むにつれてこの空隙をつぶして両端フランジがお辞儀をするように倒れ込み、そのときに垂直壁がノックアウトに当たって曲げ角度を拡げていることがわかる。

その諸悪の根源は、ノックアウトの形状が板にフィットしていないがために空隙ができたことにある。設計としてはすでに形状が出た両端形状を今さら支える必要はないと考え、簡素化（膨らみをなくして平坦化）したノックアウト形状が裏目に出た形である。

☞メモ④

板が座ったときのノックアウトと板の隙間が直角度不良の原因

(2)直角度の不具合対策

ノックアウトと板の間に空隙が発生しないように、第６ステージで張り出した両端フランジの膨らみを転写するかのように、ノックアウトの両端に形状をつけた（図６）。

☞メモ⑤

ノックアウトの両端に形状を付与することで隙間を埋めて直角度不良を回避

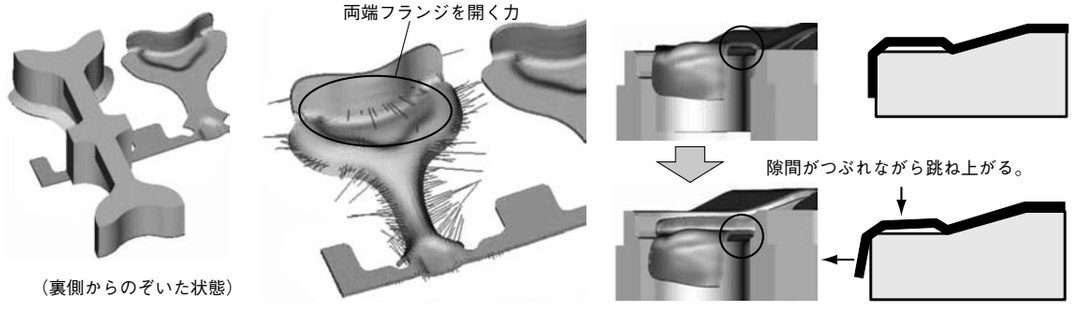


図５　直角度の不具合メカニズム

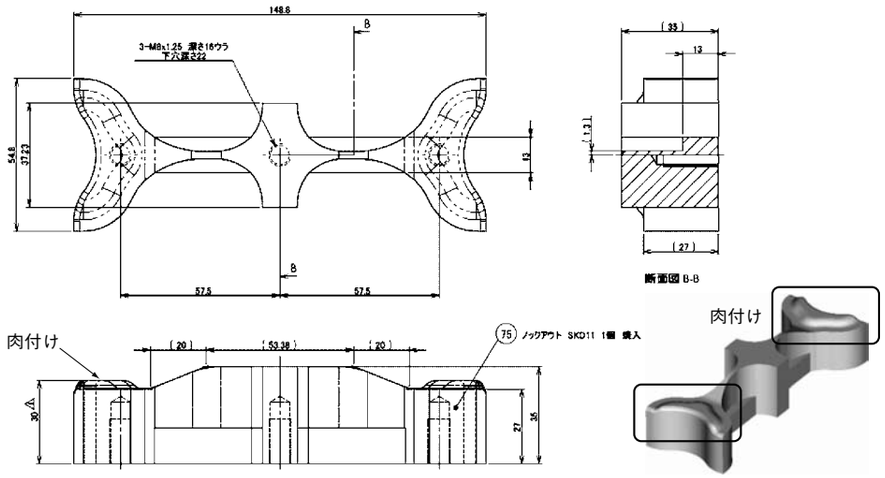


図6
直角度不良の
対策

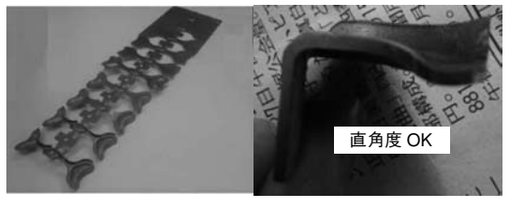


写真2　不具合対策後

5 型修正後のトライ

型構造シミュレーションの活用によってプレス不具合の原因と対策がわかったので、

○シミュレーション結果をもとに、当たりと直角度の不具合対策として型を修正

○ブランク型を作製して第1～5ステージの前半部分を装着

を踏まえた上で2回目のトライを行った。後者に関しては、1回目のトライではブランク型を用いずにワイヤ放電加工で板形状をつくった。この形状を修正するとすれば両端フランジの幅対策であるが、前述の通り寸法の狂いを許容の上で当たり回避のみを重んじ、型修正で対処した。このため、設計素案のままのブランク型を作製した。

トライの結果、2つの不具合はなくなった（**写真2**）。これは型構造シミュレーションが「不具合を発見」し「不具合のメカニズム解明に寄与」し、「不具合対策に貢献」するということを立証したものである。

前回と今回の2回にわたってテスト結果を報告した。このテストではストリップレイアウトを修正せずに型を修正した。これに対して次回は型構造シミュレーションをストリップレイアウトの検討に用いる例について紹介する。

check point

型構造シミュレーション結果を参考にした型修正により合格品を得た。型構造シミュレーションはプレス不具合の「①発見」「②原因解明」「③対策」に貢献するツール！

連載

プレス設計における3次元型構造シミュレーションの提案

第5回

加工レイアウト検討に向けた型構造シミュレーションの活用

㈱ナノソフト
大町勝一郎*

1 加工レイアウト検討への利用

これまでの報告では型構造シミュレーションがプレス不具合の、

○発見

○原因究明

○対策

に貢献することを検証例題を交えて述べてきた。そのときの例題では加工レイアウトを崩すことなく、設計した通りの各ステージの製品形状が得られるように型を修正した。これに対してつくり方自体がわからないケースでは、加工レイアウトから見直す必要がある。今回の報告では、型構造シミュレーションを加工レイアウトの検討に使った例について紹介する。

*（おおまち　かついちろう）：代表取締役社長
〒222-0033　横浜市港北区新横浜1-3-1　新横浜アーバンスクエア
TEL：045-473-3015　FAX：045-473-3058

2 製品形状と加工レイアウト

段付きの円筒絞り製品を例にとる。円筒絞り形状では3 DQuickPressのDDC機能を使って、ブランクと途中製品形状（各ステージの形状）を容易に作成できるため、それをベースにしながらブランク展開、ストリップレイアウト、ダイセット・パンチのモデリングを進めた。

上向き絞りとし、**表1**に示すよう全11ステージの中に4つの絞り工程を含む。

◇第1絞り（第4ステージ）
　絞り率を緩和するための初絞り

◇第2絞り（第6ステージ）
　製品径を小さくするための再絞り

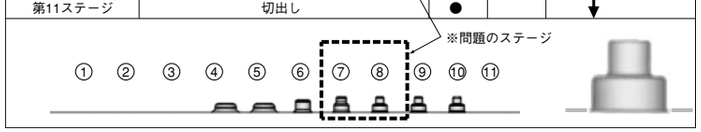
◇第3絞り（第7ステージ）
　上半分を細くして段付きにする再絞り

◇第4絞り（第8ステージ）
　さらに上半分を細くするとともに、コーナーRを小さくして形状を整える再絞り

表1　加工順序

※ 成形は切断以外の変形加工

ステージ番号	内容	切断	成形	可動ストリッパ
第1ステージ	ランス（計算ではノッチング）	●		
第2ステージ	ランス（計算ではノッチング）	●		①
第3ステージ	アイドル			
第4ステージ	絞り		●	②
第5ステージ	アイドル			
第6ステージ	絞り		●	
第7ステージ	絞り（段付き）		●	③
第8ステージ	絞り（形状出し）		●	
第9ステージ	アイドル			
第10ステージ	穴あけ	●		④
第11ステージ	切出し	●		



3 加工レイアウトの問題点と各種案

ここでの懸念は、

○製品の段付き部の形状を出す過程における上部（天面）の肩の板ヒケである。

仮に第7ステージであらかじめ最終製品形状に近づけ、第8ステージが段付き部の形状出し

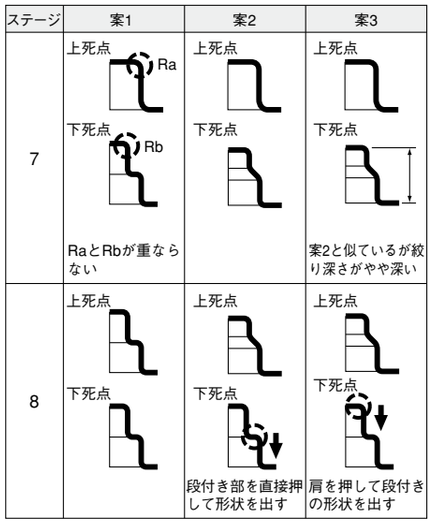


図１　３つの案

のみを担うようにする場合、第７ステージの絞りに無理が発生し、第６と第７ステージの間でパンチ肩のつながりが悪くなる。

逆に第７ステージの絞りの負荷を軽減すべく、第８ステージでも絞りを担うとすれば、再絞りによる製品径の変化と段付き部の形状出しの同時進行によって板ヒケが進展する。そこで、**図１**に示すように３つの案を用意し、型構造シミュレーションを活用して、これらの案の是非について検討した。

①あらかじめ第７ステージで形をつくり、第８ステージでは段付き部の形状を出す

②絞りを第７と第８ステージで分担し、第８ステージでは再絞りによる製品径の変化と段付き部の形状出しの両方を担う。段付き部の形状を出すに当たり、この段付き部を直接押し込む

③上記②と同じく、絞りを第７と第８ステージで分担する。ただし、曲げのリストライクのように側壁の上下圧縮によって段付き部の形状を出すべく、製品上部の肩を押し込む。そのために第７ステージをやや深く絞った

☞メモ①

加工レイアウトについて第3と第4絞りで3案を出し、型構造シミュレーションを使って検討

4 シミュレーションの結果

(1) 各種案の相違（図２）

ベクトルで示した荷重分布によれば、前項の案①は第７ステージの段付き部を鉛直に押しているため、側壁の変形が不安定となって形状を崩す恐れがある。また絞りが強過ぎるために、天面が張出加工の変形モードとなって天面中央での板ヒケが比較的大きい。数値上は、許容範囲ではあるものの危険を伴う。第８ステージでは最終的に大きな板ヒケに至っていないが、第７ステージでのリスクを考えると良い選択肢とは言い難い。

案②では第７ステージの荷重分布が改善され、側壁では中心に向かう成分を持つ斜め下方向の荷重になっている。第８ステージでは段付き部を直接押し込む荷重が発生し、それによって側壁に張力が発生することで上部の肩の板ヒケが成長した。それでも許容範囲内の板厚であり、安定性という点でも合格である。

案③は、第７ステージの製品高さを大きくすることによって第８ステージで肩を押し込むやり方である。しかし、第８ステージで期待していた側壁の鉛直方向圧縮による段付き部の形状出しはできておらず、荷重分布で判断する限りでは段付き部を直接押して形状を出している。その一方で、第７ステージの絞り深さ増大によって案②よりも中心部の板ヒケが増長し、これが第８ステージでの板厚にそのまま反映しており、目論見とは異なり逆効果である。

以上の結果から、上記３択の中では案②の危険性が最も低いことがわかった。

☞メモ②

「変形モード」「当たり方」「板厚」から各案を評価（荷重ベクトル表示を活用）

(2) その他の問題点

前項に記した板ヒケ問題のほか８ステージまでのプレス不具合を見渡すと、**図３**に示すように、

○第４ステージでブリッジがキャリアに接触

○第６ステージの成形途中に製品部が沈んでブリッジにねじれ発生

○第６ステージでシャクレが発生

○第８ステージの側壁で波打ちが発生

というような問題も発生している。

ブリッジの接触を回避すべく、なるべくならブリッジの形状や長さを変えることで成形中の変形パターンをコントロールできるようにしたい。ただ、上下からクランプする第１絞りでのブリッジの接触はシリアスな問題ではなく、ブリッジが大きく変形することでちぎれることをむしろ懸念すべきであるが、今回のケースではその問題発生には至っていない。

また、送り方向に製品が沈むことで、ブリッジが変形するのは上向き絞りで避けられない現象である（**図４**）。これが板の偏心を誘発するようであれば、スリーブを入れるなど何らかの対策が必要になるが、そのような現象も発生していない。

シャクレについては、パンチとダイのクリアランスをコントロールすることで発生を防ぐか、あるいは第８ステージでシゴキを入れてシャクレと側壁の波打ちの両者を消すなどの対策が考えられる。いずれにしても、これは加工レイアウトの検討が終わった後の型修正のフェーズで検討すべき問題ある。その型修正のフェーズにおいても型構造シミュレーションの活用が有効であることは、すでに述べた通りである。

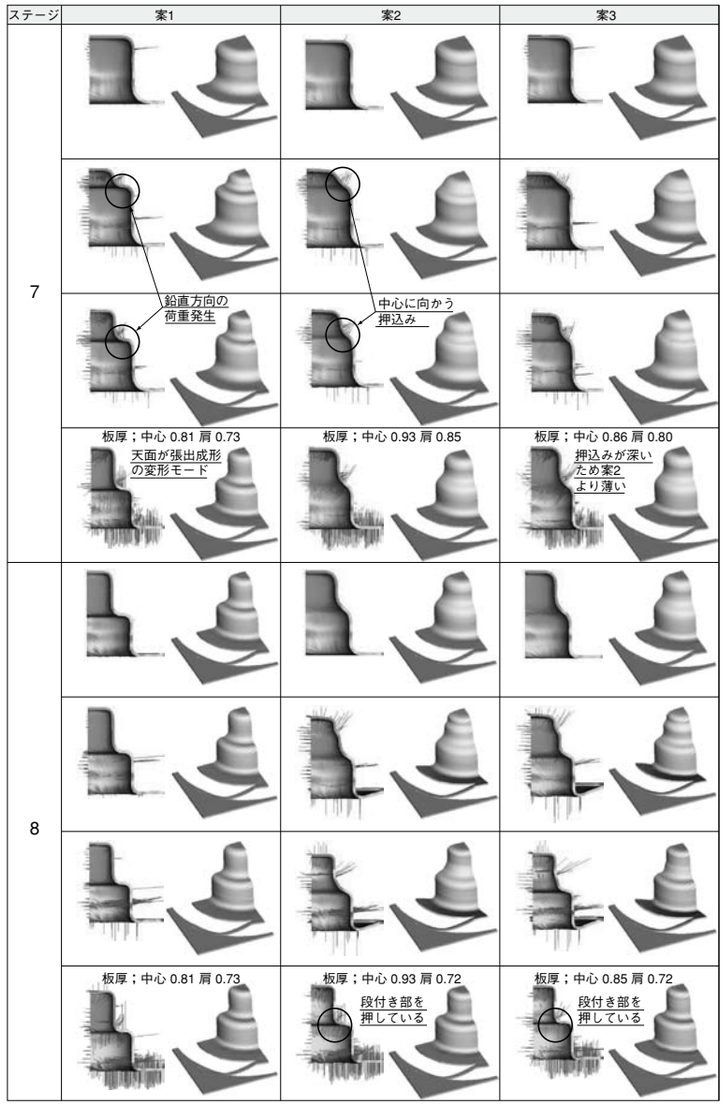


図２　３つの案のシミュレーション結果比較

5 型構造シミュレーションの有効活用に向けて

プレス不具合に関して、連載第３・４回では型修正というフェーズでの型構造シミュレーションの活用例、そして今回は加工レイアウト検討というフェーズでの活用例を紹介した。

型構造シミュレーションを設計のどのフェーズで活用するかは、一品一様の設計か類似品の設計かによって異なり、その修正対象は加工レイアウトや型のみならずブランクやプレス条件などにも及ぶ。また何をもって合格品と見なすかは製品図に記された内容次第であり、板厚・寸法・形状・外観のそれぞれの重要性は意匠部品か強度部品かでも異なる。設計者が求めることに対して型構造シミュレーションが的確にその答えを出すには、ツールとして能力のみならず運用について考える必要がある。

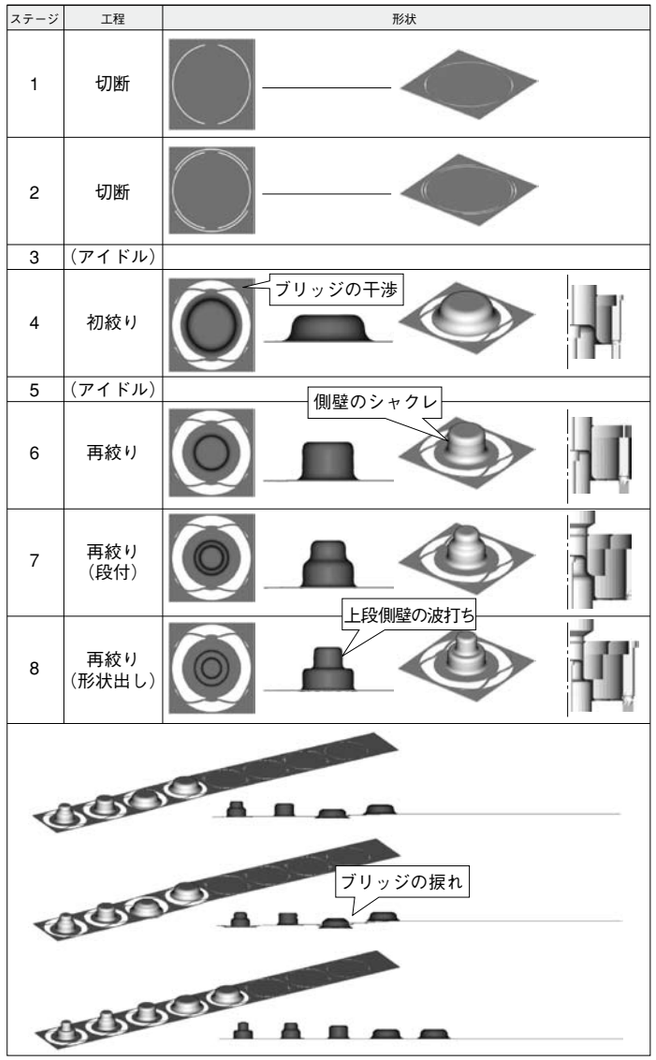


図3
その他の問題点、危険性

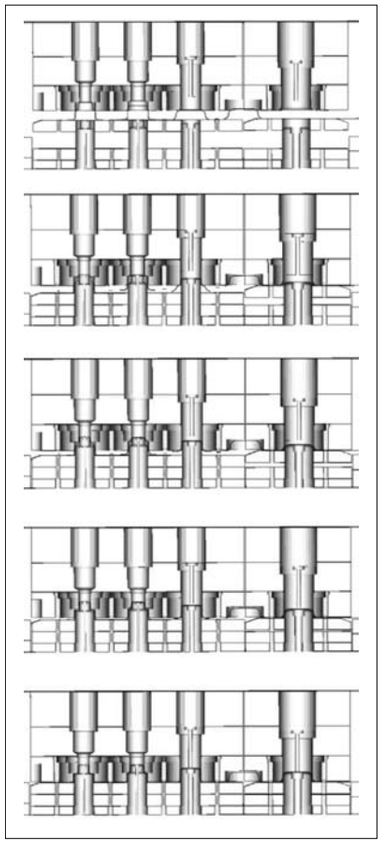


図4　成形途中の断面形状

次回の連載最終回では、こうしたさまざまな運用方法について、設計期間やトライ回数などとあわせながら私見をまとめる。

check point

加工レイアウトの３案をシミュレーションし
「変形モード」「当たり方」「板厚」を比較した。
型構造シミュレーションを
加工レイアウト検討にも活用!

連載　プレス設計における
3次元型構造シミュレーションの提案
第６回（最終回）

型構造シミュレーションで設計効率を向上させるための運用法

㈱ナノソフト
大町勝一郎*

1 型構造シミュレーションの有効活用に向けて

連載最終回となる今回は、「バーチャルトライ」「3次元金型設計」「型構造シミュレーション」を他の選択肢と比較しながら整理し、本提案の利点を踏まえたうえで、効果的な運用法について筆者の見解を記したい。

2 型構造シミュレーションシステムの利点

(1)実トライ vs. バーチャルトライ

もしシミュレーションを使わなければ、2次元製図→型加工（型作製）→トライを繰り返す。シミュレーションを用いると、PC上で合格になるまでバーチャルトライと修正を繰り返し、その間は実際の型を加工せず、合格になってから型加工を開始する（図1）。バーチャルトライは実トライのみのやり方に比べて型加工回数が減り、型費削減と併せて設計リードタイム短縮の効果をもたらす。

(2)2次元製図 vs. 3次元金型設計

2次元設計に比べて3DQuickPressを使った3次元設計では、

○簡単操作
○視認性の良さで誰もがイメージ可能
○ワークシェアとデータの一気通貫

において優位である（図2）。

簡単操作という点では、

○ブランク展開（フィーチャー自動認識）
○レイアウト設計（ツリーから操作可能）
○PRLとダイセットテンプレート（自動設計）

などがあるが、ブランク展開ではモデルのフィーチャーを自動認識して展開し、レイアウト設計で

*（おおまち　かついちろう）：代表取締役社長
〒222-0033　横浜市港北区新横浜1-3-1　新横浜アーバンスクエア
TEL：045-473-3015　FAX：045-473-3058

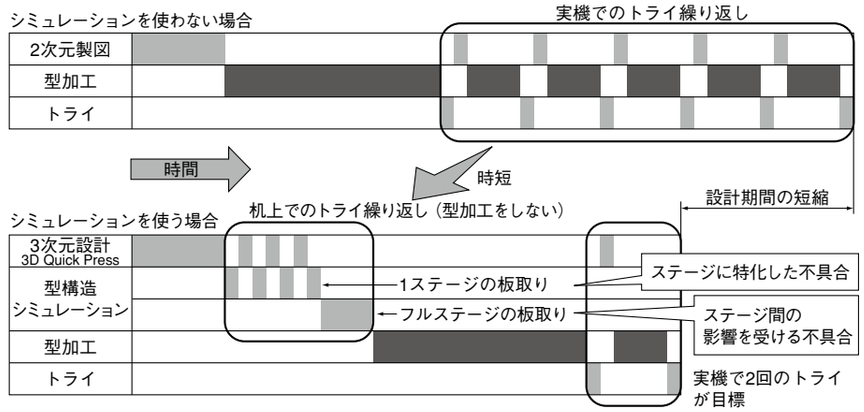


図1
型構造シミュレーションによる設計期間短縮のシナリオ

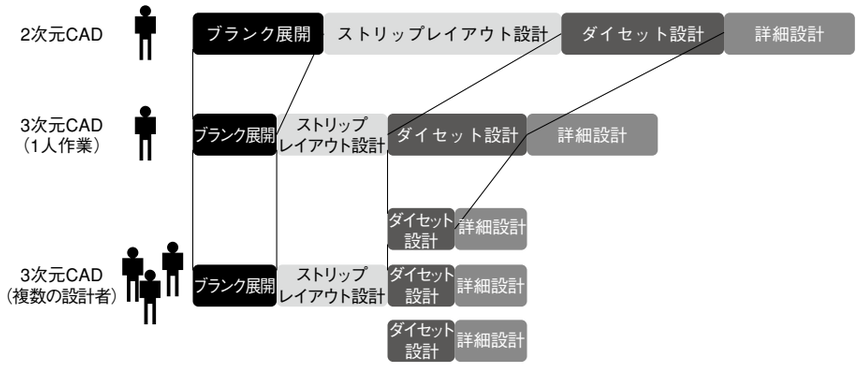


図２
型モデリングの
時短コンセプト

はそれらフィーチャーをツリーから配置することで、簡単操作で短時間に設計できる。パンチやダイセット設計は部品またはアセンブリのライブラリである PRL 機能を利用し、自動設計を行える。一からつくり始めるよりも断然速く作業を完了できる。

視認性の良さという点では、設計者は製品モデルを立体視することでイメージを掴みやすく、誤認することはまずないだろう。ブランク展開であれば３次元モデルを見ながらすぐにブランク形状を確認できるし、ストリップレイアウトであればタイプごとに色分けされたモデルを見てすぐに理解できる。情報伝達という面でも立体のイメージならばすぐに共通の認識が得られるし、海外とのやり取りが多い場合にはなおさら３次元 CAD のコミュニケーション能力が威力を発揮する。

ワークシェアとデータの一気通貫については、複数の設計者が同時並行して作業できるマルチユーザー設計機能を使うことで、品質を落とすことなく短納期に対応できる。そして「３次元型構造シミュレーション」をはじめ、CAM や PDM などとのデータ連携が容易なため、データはムダなく利用できるのである。

(3)成形シミュレーション vs. 型構造シミュレーション

成形シミュレーションに比べて型構造シミュレーションが優れている点は、

○データが一気通貫
○多くの型部品を計算に反映可能
○複雑な型モーションを反映
○プレス不具合の評価対象が豊富

である。

その中で「プレス不具合の評価対象」について触れると、プレスの実部品の合否は「板厚」「寸法」「形状」「外観（しわ、型当たり、シャクレ、板ヒケのライン、ショックライン、カジリ）」「成形可否（割れ、異常形状、トン数不足）」によって決まり、強度部品であれば板厚、意匠部品であれば外観が重要である(**表１**)。当然ながらこうしたプレス不具合に影響を及ぼす因子を考慮し、的確に予測できることがシミュレーションに求められる。

筆者は、各種プレス不具合を正確に予測するためのファクターが板厚と荷重にあると考えている。それには「ソリッド要素」「型モーション」が必須条件であり、「３次元型構造シミュレーション」はこれらを取り入れているため、その結果として各種プレス不具合を的確に評価できる。

※カジリとショックラインはダイレクトに評価できないが、ショックラインのように見えてもダイ肩での強い当たりや曲げによる板ヒケであれば評価可能

3 時短に向けた運用法

(1)３次元金型設計作業の時短

３次元 CAD に道具としての魅力があることはもちろんであるが、運用面を意識することによりますます時短できる点を見逃せない。3 DQuick-Press を使った３次元設計を「新規の金型設計」「既存データからの流用設計」「設計変更」といったシーンに分け、構造設計を中心に述べる。

新規設計では PRL をうまく使うのがコツである。この運用法については、まず標準化を行って、PRL として蓄積したライブラリを再利用する。

表１　製品の合否評価項目
※外観の板ヒケのラインは曲げヒケやダイ肩の強面圧で現れる線

製品の種類	評価対象（重要度）											
	板厚	寸法	形状	外観						成形不能		
				しわ	型当たり	シャクレ	板ヒケのライン	ショックライン	カジリ	割れ	異常形状	トン数不足
強度部品	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎	◎
意匠部品	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

（注）型構造シミュレーションでは未対応

流用設計では、

○フォルダマネージャー（金型アセンブリのファイルコピー機能）
○リンクマネージャー（モデルの参照先制御）
○チェンジオーバーツーリング（マルチレイアウトでのパンチ部品コンフィグレーション）

といった便利な機能を使い、過去に作成した類似する金型データをコピーすることから始める。パンチ形状が異なる場合はリンクを変更すれば、つくり直す必要がない。さらにマルチストリップレイアウトにも対応するため、類似部品を同一金型の中で設計することも可能である。

設計変更が発生した場合は、変更された部品は自動的に連動するため、同じ修正を何度も行う必要はなく、たとえば、

○製品が変更されれば、ブランク→レイアウト→パンチ部品→ダイセットに至るすべての関連する個所が自動的に修正される
○当たり前の機能ではあるが、ダイセット設計時に部品の配置位置を変更すれば、関連するホールもすべてのプレートに自動的に反映される
○プレート厚を最終的に変更しても、パンチ部品高さも自動的に修正されるため、部品の詳細設計をやり直さなくても済む

といった具合に効率良く作業を進めることができる。

(2)シミュレーション作業の時短

順送プレスに関しては、

○ステージに特化した不具合
○ステージ間に起因する送り方向の不具合

を分けて考えるとわかりやすい。前者を１ステージ分の板取りで計算して不具合を潰し、その後で後者をフルステージの板取りでチェックするやり方が時短に向けた運用のポイントである。

次にモデルの対称性を考慮することもポイントである。対称性には、

○製品形状の対称性
○型形状の対称性

があり、両方とも満足していれば対称領域の最小単位だけを計算すれば効率が良い。順送プレスに限れば送り方向が非対称であるものの、ステージごとに対称であるならば、１ステージ分の板取りでシミュレーションするとき、対称問題として扱うことができる。

(3)机上トライの回数低減による時短

①事前チェックによる回数低減

すべてシミュレーションすれば良いというものでもない。単純な設計ミスはシミュレーションを実行する前に検出する。たとえば型部品同士の干渉チェックに関しては、型構造シミュレーションに掛ける前に上死点と下死点のそれぞれにおいて 3 DQuickPress で検出しておけば、無用な机上トライの回数が減る。

②シミュレーションと測定の役割分担による回数低減

型構造シミュレーションの狙いを初回トライの品質向上に置き、２回目以降のトライに向けては型構造シミュレーションを使わず測定結果から対策をとるのが効率的である。それを考えて、初回トライで合格にすべきものと、そうでないものを切り分けて計画し、机上トライでは必要以上に細かな調整まで深追いしてムダにシミュレーションの回数が増えることのないように心掛けることも重要である。たとえばブランクの細かな寸法調整は測定からフィードバックした方が早道であるし、スプリングバックも要求精度次第ではシミュレーションで追い込まずに測定結果を使う方が賢明で

表２　プレス不具合の対策項目

設計の種類	設計フェーズ	修正対象						
		加工手順	ブランク	型			プレス条件	
				前工程	現工程	次工程	押え圧	型仕上げ
一品一様	ラフ設計	◎						
	詳細設計	○	○	◎	◎	◎	◎	◎
類似品	詳細設計	○	○	◎	◎	◎	◎	◎

（注）初回トライ結果への依存度が大

ある。

③ラフ設計と詳細設計の役割分担による回数低減

類似品の設計のように加工手順が標準化されている場合には、ラフ設計を省略して最初から詳細設計に進むこともある。逆に一品一様の設計であればラフ設計のウエイトが大きい。そのとき型構造シミュレーションに求めるレベルをラフ設計と詳細設計とで計画的に分離し、それぞれのフェーズの役割を超えた追い込み方をしないのもコツである（**表２**）。

ラフ設計では型構造モデリング完成を待たずに、縦の型構造（ステージ間の連携をとらない各ステージ独立の型部品構成）をつくった時点で計算する。その分、細かなプレス不具合は詳細設計のフェーズに委ねて深追いをしない。目安として、

○板厚と荷重ベクトルで変形モードをチェック
○トン数オーバーになっていないかをチェック
○形状が壊れていないかをチェック

というレベルにとどめる。

ラフ設計で加工手順を確認できたら詳細設計のフェーズに移行するが、合格となったラフ設計の結果をあらかじめ詳しく分析し、

○荷重ベクトルと面圧を見て当たり具合を観察しながら型形状を修正、あるいはクリアランスを調整
○しわの出方を観察してばねやエアーを調整

などの修正を掛けておけば、詳細設計の型構造シミュレーションの効率化が図れる。その検証目的次第では、ボルトや穴をモデリングする前に前倒しでシミュレーションに掛けることも時短に繋がる良い運用法と言える。

4 開発者としての思い

「どうせシミュレーションではわからない不具合が発生するのだから」という声に対して、３次元型構造シミュレーションは「できる限り実際のトライに近付けよう」と意気込んで開発したソフトである。２次元 CAD を使って最適化の苦労を重ねた歴史を、３次元金型設計と型構造シミュレーションで塗り替えるには勇気ある決断が要る。

しかし、歴史が異なる海外では３次元 CAD が抵抗なく浸透してシミュレーションの環境が着々と整いつつあるというのも事実であり、その是非を問わず過去の歴史が設計スタイルの老朽化に繋がらないよう見直すべき時期に来ていることも、これまた時代の流れである。

それでもあえて２次元 CAD で戦い抜くか、それとも新しい設計スタイルとそれをベースにした便利な道具を受け入れて、今までできなかったことに挑戦しながら活路を産み出すか、改革の分岐路に立つ今こそ、設計フローの議論に一石を投じたいと思う。これが筆者の思いである。

check point

非効率な設計の仕組みから脱却し、
トータルの設計リードタイムを短縮する
３次元金型設計＆型構造シミュレーション！

株式会社ナノソフト

〒 222-0033 横浜市港北区新横浜 1-3-1
TEL.045-473-3015　FAX.045-473-3058
http://www.nano-soft.co.jp