

成形ロール設計ツールの開発 (第3報)

User Friendly Roll Design System-3rd Report

木内 学*・谷 明宏*・阿部 研二*

Manabu KIUCHI, Akihiro TANI and Kenji ABE

1. はじめに

筆者らは、ロール成形CAEシステムの開発を行っており、これまでに、素板の変形挙動を総合的に解析するための3次元汎用シミュレータ¹⁾、およびこれを用いたロールフラワーの自動設計システム²⁾の開発を行ってきた。さらに、ブレイクダウン成形におけるロール直下の素板の変形形状を簡便に予測することを可能とする2次元曲げ解析システムの開発³⁾を行い、上述のシミュレータと併用することにより、ブレイクダウン成形における素板の変形挙動をより的確に解析し得る手法を提案し、前報でその有効を示した⁴⁾。

上記2次元曲げ解析システムでは、設計・生産現場で、解析理論やコンピューターの操作に不慣れな人にも手軽に使用できる道具として提供することを主要な開発目的とし、そのため、データ入力から計算の実行および結果の取り出しまでを対話形式で行い得るシステムとして構

築した。以下、その概要および、対話形式のデータ作成・入力、計算の実行、その他の操作手順について紹介する。

2. 2次元曲げ解析システムの概要

図1に2次元曲げ解析システムの概念図を示す。本システムは、コンピュータの画面上の指示に従って、素板のプロフィールおよびロールプロフィールを入力し、ロール設定位置を与えてやると、上ロールによって素板を最終目標位置まで压下しつつ幅方向に曲げていく過程を、平面ひずみ曲げ理論を用いて段階的に解析する機能を有している。その内容の詳細については前報^{3,4)}を参照されたい。

3. ロール・素板に関するデータ構造

図2(a)には、上記解析システムが取り扱い可能なブレイクダウン成形の形態とロールプロフィール・素板プロフィールおよびロール設定位置に関するデータの考え方を示す。

素板およびロールのプロフィールは、円弧または直線からなる線素に分割して取り扱う(図2(b)参照)。図に示すようにおのおののロールや素板に付与した基準点 B_p を原点として、 Y_0-Z_0 直交座標系を用い各線素の始点・終点の座標値、円弧の線素の場合は曲率半径、直線線素の場合は長さ、線素の凹凸、などを定義し入力する。また、ロール設定位置は、成形スタンド上に適当に定義した(原点の位置は任意に選択可) $Y-Z$ 直交座標系上でロールに付与した基準点 B_p が占める位置 B_p' の座標および Z 軸に対する Z_0 軸の傾き角 θ_0 によって定義し入力する。

素板およびロールのプロフィールデータの入力時とロール設定位置の入力時とで別々の座標系を用いることになるが、両座標系間のデータの変換はシステム内で自動的に行われる。同一のロール・素板のプロフィールに対し異なるロール設定位置の影響について検討する場合などに、

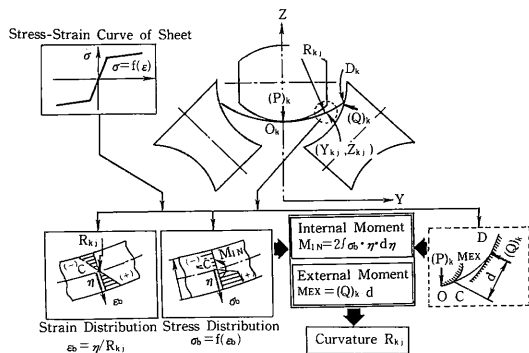
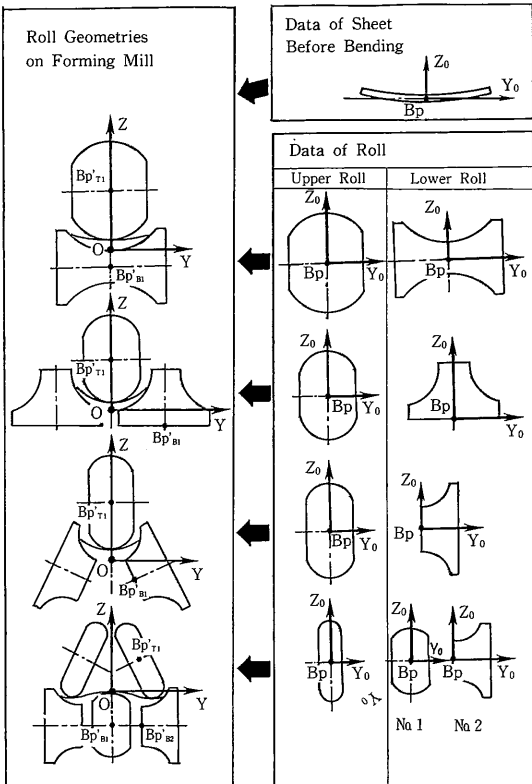


図1 2次元曲げ解析システムの概念図

*東京大学生産技術研究所 第2部



(a) ブレックダウン成形の形態と座標および基準点(原点)の考え方

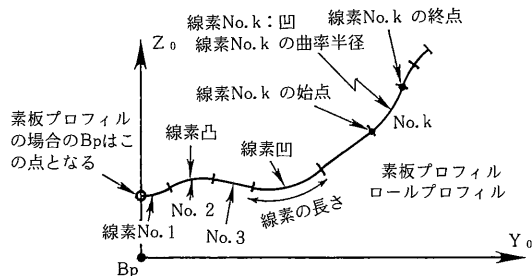


図 2 (b) ロールプロフィール・素板プロフィールの線素への分割

表 1 入力データの種類

		大項目	主な小項目
入力データ	I	素板寸法 素板の機械的性質 分割数 収束条件 出力形式	板厚, 板幅 降伏応力, ヤング率, etc. 板厚・板幅方向分割数, etc. モーメントの釣合条件, etc. 応力・ひずみ分布, etc.
	II	ロール分割数 基準点座標 ロールプロフィール ロール設定位置	線素の分割数・曲率半径, etc. 設定座標

本データ構造は有効に機能しうる。

4. データの作成・入力手順

4.1 入力データの分類

表 1 に入力データの種類を示す。データ構造の汎用性を確保するため、素板と解析条件に関するデータ（データ I）とロールに関するデータ（データ II）とに分類しており、この分類区別別にデータファイルが作成される。これにより必要に応じてデータ I, II の組み合わせが可能となる。なおデータファイルには命名の必要があり、指示された画面上で、適宜名前を付すことが求められる。

4.2 入力データ I の作成

図 3 には素板の機械的性質に関する各データを入力する画面の例を示す。ユーザが望むならば、素板材種を選択すれば、必要なデータはシステム内のデータファイルの中から自動的に抽出され使用される。

具体的な素板の変形解析は、素板を幅方向・厚さ方向に分割して行うので、この分割数を画面の指示に従って

* 2. 素板の機械的性質について入力してください *
 (初期降伏応力, 加工硬化指数, ヤング率, ポアソン比)
 * --- 入力方法を選択してください --- *
 任意に設定する → 1 自動設定 → 2
 例えば, ①

(任意設定の場合)

1. 初期降伏応力 (kg/mm²)
 31.5
 2. 加工硬化係数 (kg/mm²)
 80
 3. ヤング率 (kg/mm²)
 21000
 4. ポアソン比 *
 0.3

(自動設定の場合)

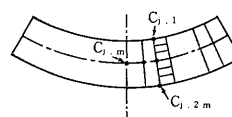
```

////////////////////////////////////
*      メニュー      *
*  SS41相当  → 1 *
*  AL-H相当  → 2 *
*  AL-O相当  → 3 *
*  SPCC相当  → 4 *
*  SUS304相当 → 5 *
////////////////////////////////////
例えば, ① 
    
```

図 3 素板の機械的性質の入力

2. 板幅(W/2)方向の分割数(MAX: 50)
 (目安として, 分割数=板幅(W/2)/板厚(T₀)
 ×2以上で設定して下さい)

例えば, ①
 板幅方向の分割方法を指定して下さい
 * 均等分割 → 1
 (ただし, 均等分割幅=板幅/板幅分割数)
 * 任意設定 → 2
 例えば, ①



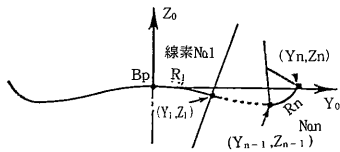
(任意設定の場合)
 板幅要素順に分割幅を入力して下さい(Δℓ 1, Δℓ 2, …, Δℓ N)
 ただし, Σℓ n = 板幅/2.0
 ここで, n = 1 ~ n
 例えば,
 * 板幅要素(Δℓ 1) = 30.0
 * 板幅要素(Δℓ 2) = 14.0
 :
 * 板幅要素(Δℓ N) =

図 4 素板の幅方向分割数の入力

研究速報

素板のプロフィールは、曲率を持ちますか
 曲率あり -> 1 平板 -> 2
 例えば,

各板幅線素順に各線素の曲率半径, 座標を入力して下さい
 * 板幅線素 NO=1
 ア) 板幅線素の種類
 □ -> 1 / △ -> 2 / 直線 -> 3
 例えば,
 イ) 曲率半径(ただし, 板幅線素が直線の場合は長さ)
 曲率半径又は, 長さを入力
 ウ) 板幅線素の終点の Y 座標
 Y 座標を入力
 エ) 板幅線素の終点の Z 座標
 Z 座標を入力



線素No	種類	曲げ半径 (直線の場合は長さ)	終点 Y 座標 Z 座標	
1	△	R1	Y1	Z1
:	:	:	:	:
n	□	Rn	Yn	Zn

図5 素板プロフィールの入力

入力する。例として図4の画面では、素板の幅方向の分割数を入力する場合を示す。また、上ロールの圧下に伴う素板の変形過程は段階を追って解析されるので、適当なステップ数を別途示される画面の指示に従って入力する。

図5に素板プロフィールの入力画面を示す。素板プロフィールは分割された線素により定義される。別途表示される画面上の指示に従い、線素への分割数を入力した後、各線素ごとに基準点Bpを含む第1線素(No.1)から始めて順次その種類(凹, 凸, 直線), 曲率半径(直線の場合

* 5. 出力*

1. 素板の曲げ変形状
 素板の曲げ変形状の計算結果の出力形式をメニューから選択して下さい。

* //////////////////////////////////// *

* 曲げ変形状の出力メニュー *

* 全変形ステップ -> 1 *

* 奇数変形ステップ -> 2 *

* 偶数変形ステップ -> 3 *

* 最終変形ステップ -> 4 *

* //////////////////////////////////// *

例えば,

図6 出力形式の選択

4. ロール径・ロール幅を入力してください
 a) ロール径 RD1/RD2
 例えば, 150 250
 b) ロール幅 RW1/RW2
 例えば, 250 60

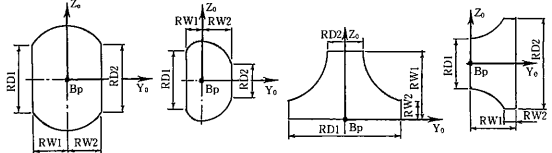


図7 ロール外寸法の入力

は長さ)およびその終点のY0-Y0座標値を入力する。No.1の線素に関する入力が終わるとNo.2, No.3へと自動的に画面が変わっていくので最後の線素に至るまで入力を繰り返す。

以下、画面上の指示に従ってデータ入力を続け、最後に図6に示す画面に続く各画面上で計算結果の出力についてメニューの選択データを入力すれば、データIに関する入力は完了する。

4.3 データIIの作成および入力

以下は、下ロールの場合を例として説明するが、上ロールについても同様と考えてよい。

ロールに関するデータの inputs は、まずロール分割数(ただし、図2(b)に示すロールはおのおの1個と数える)を入力する。組み付け前の個々のロールごとにデータ入力を行うが、後にロール設定値の入力を行う便宜上、入力順にロールNo.が付けられるものとする。次に、指示に従ってロールの形式を入力し、図7に示す画面上でロールの外寸法を入力する。図8の画面が示すように、ロールプロフィールの入力は、①入力された数値に基づいてロールプロフィールの詳細がシステム内で自動的に計算される場合、②素板プロフィールと同様にロールプロフィールを線素に分け、各線素について必要な数値を入力する場合、とを選択することができる。図8には①の場合を示す。この場合は類型化されたロールに関する簡略化された入力方法であり、図に示すように、線素への分割数を入力し、分割された各線素について、No.1線素から始めて順次線素の種類(凹, 凸, 直線), 曲率半径(R)(直線の場合は長さ)および、曲げ角度(θ)を入力する。

このような入力をロール個数分だけ繰り返す。

4.4 ロール位置の入力

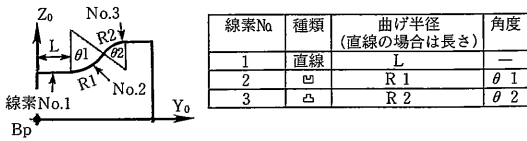
図9にロール設定位置に関する入力画面を示す。個々のロールプロフィールを定義した際の基準点(Bp)が、ロール設定時のY-Z直交座標系に占める位置(点Bp')の座標値およびZ軸に対するZ0軸の傾き角θ0の値を入力するだ

5. ロールのロールプロファイルの計算は、
自動計算 -> 1/ 座標指定 -> 2
例えば、

ロールプロファイルを自動計算する場合

1. ロールNo.1のプロファイルの分割数を入力して下さい
2. 分割されたロールプロファイルについて入力して下さい
ア) 1番目の線素の種類を入力して下さい
△ -> 1/ □ -> 2/ 直線 -> 3
例えば、
イ) 曲げ半径(mm)を入力して下さい (ただし、線素の種類が直線の場合は、長さを入力して下さい)
例えば、 500
ウ) 曲げ角度(°)
例えば、 15

エッジバンド成形の例



ダブルラジラス成形の例

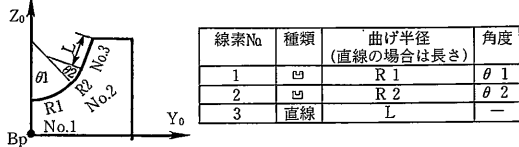


図8 ロールプロファイルの入力 (自動計算の場合)

各スタンドのロール設定位置を入力して下さい
1 スタンド
下ロールの設定から始めてください
1 番目のロール
1. 基準点のY座標を入力して下さい
2. 基準点のZ座標を入力して下さい

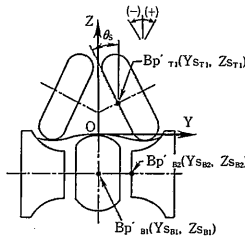


図9 ロール設定位置の入力

```
arace-nsmp> tool  解析プログラム名を入力
arace-nsmp> enter data2
arace-nsmp>  データIのファイル名を入力
arace-nsmp> enter data1
arace-nsmp>  データIIのファイル名を入力
解析開始
```

図10 解析の実行

けでよい。なお、上ロールの初期設定位置は、上下ロール間の開度を十分大きく選んで設定しておけば、実際の成形時のロール位置は、システム内で自動的に計算される。次スタンド以降に関連するデータの入力も同様の手順で行う。

5. 解析の実行

図10に解析の実行方法について示す。ワークステーションで実行する場合、上記データ入力完了後、まずこの2次元曲げ解析システム名「tool」を入力する。これで解析システムは稼働開始となる。つぎに、上述のデータIを解析実行プログラムへ転送する指示を出すための画面が表示される。ここで、データIを保存しているファイル名(ファイル名は、データ入力時に別途表示される画面上の指示に従い、適当に命名する)を入力する。同様にデータIIについても入力すると、解析は自動的に実行される。

6. 結果の取り出し

図6で入力した指示に従って、分割した板幅方向の分割要素ごとに、ロール直下および弾性回復後の曲げ曲率や素板の変形形状の座標などが出力される。また、ユーザの指示に応じて、板厚方向にみた応力分布、ひずみ分布に関する計算結果も出力される。

7. データの修正

以上のデータ入力に関連して、入力後のデータを修正する場合は、自動的に表示される確認画面上で、訂正を要する項目のコードNo.を入力すれば、該当する項目に関する画面が表示されるので、その画面上で正しい値に入れ換えることができる。

8. ま と め

解析あるいはシミュレーションシステムの開発に際して、きわめて重要でありながら開発側が軽視しがちなユーザの操作性について配慮した2次元曲げ解析システムを構築した。今後は、すでに開発を終了している3次元汎用シミュレータ、およびロールフラワーの自動設計システムについてもデータ入力システムの充実を計っていくたい。(1991年8月14日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内, 高田橋: 塑性と加工, 27-306 (1986), 874
- 2) 木内, 高田橋: 昭和58年春塑加連講論 (1983-5), 93
- 3) 木内, 谷: 第41回塑加連講論 (1990-10), 401
- 4) 木内, 谷: 平成3年春塑加連講論 (1991-5), 425