

ブロー成形解析—構造解析統合化シミュレーション (第2報)

The composite simulation of the blow molding analysis and the structured analysis (The 2nd report)

西村敬一*1) 野村賀寿雄*1) 三橋正典*1)

Keiichi NISHIMURA, Kazuo NOMURA, Masanori MITSUHASHI

ブロー成形解析と構造解析を一体化した統合化シミュレーション技術について検討した。本研究で開発したプログラムは、ブロー成形専用解析プログラム (SIMBLOW) の結果ファイルに出力される要素厚さデータを衝撃現象などの解析に優れている動的陽解法プログラム (LS-DYNA) の入力ファイルに変換するプログラムである。このプログラムは、対話入力可能であり、厚さ分布をそのまま変換できる機能やテーブル方式で分割入力できる機能を備えている。また、本手法をブロー成形輸液バッグ製品に適用し、その有用性を確認した。

1. 緒言

新商品開発にシミュレーション技術を適用する目的は、その製品が成形が可能であるか、あるいは要求される性能を満たしているかなどを事前に予測することにある。これまでのシミュレーションは個別にそれらを行うのがほとんどで、成形過程が機械的性質に大きく影響するプラスチック製品では間違った結果を予測することがある。昨年度は、静的問題の解析に優れた汎用有限要素法プログラム (MARC) との統合化手法について検討したが¹⁾、本年度は、ブロー成形専用解析プログラム (SIMBLOW) と衝撃などの解析に適している動的陽解法プログラム (LS-DYNA) の統合化について検討した。

2. 統合化手法の概略

SIMBLOWはプリポストプロセッサにFEMAPを使用しているため、FEMAPニュートラルファイルを介して統合化シミュレーション技術を開発した。具体的な手順は以下の通りである。

- (1) FEMAPでパリソンと金型の形状データを作成する。
- (2) 計算条件や成形条件のコントロールデータを作成した後、SIMBLOWでブローアップ過程のシミュレーションを行う。
- (3) 計算結果をFEMAPで確認した後、マッピングプログラムを起動し、SIMBLOW結果ファイルからSIMBLOWマッピングファイルを作成する。マッピングプログラムは、製品以外の部分を削除したり、結果ファイルの要素の変形を改良するために、新たにマッピング用有限要素モデルを作成し、結果ファイルから要素厚さをマッピングするものである。(SIMBLOW2000から標準機能として搭載)

- (4) 開発したSIMFDYNA.EXEを起動し、マッピングファイルからLS-DYNA入力ファイルを作成する。
- (5) 目的とする解析用に(4)で作成したLS-DYNA入力用データに修正を加えて、解析を実行する。

3. SIMBLOWマッピングファイル—LS-DYNA入力ファイル変換プログラム (SIMFDYNA.EXE)

Fig. 1のSIMBLOWマッピングファイルからLS-DYNA入力ファイルを作成するプログラムである。SIMBLOWマッピングファイルから節点座標、要素—節点関係、要素厚さなどを読み込み、LS-DYNAフォーマットに従い、LS-DYNA入力データを書き出す。SIMBLOWマッピングファイルの厚さデータは連続的に分布しているため、大規模モデルではLS-DYNAの専用プリプロセッサでは対応不可能である。このため2種類の書き出し機能を作成した。一つはすべての要素厚さを書き出す方法であるが、この場

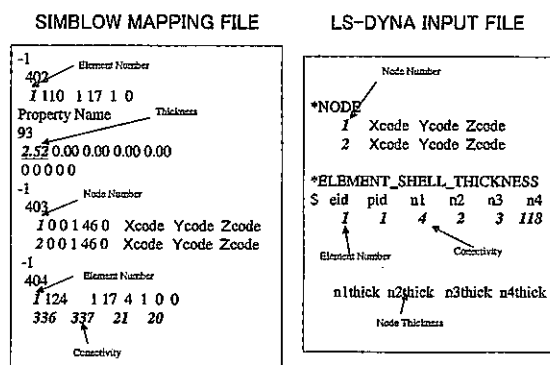


Fig.1 The formats of SIMBLOW mapping file and LS-DYNA input file

*1) 高分子技術チーム

合は有限要素モデルの近似精度は良いが、プリプロセッサの使用に制限がある。他方は有限要素モデル精度を犠牲にして要素厚さを分割入力する方法である。この場合はプリプロセッサのすべての機能が使用でき、分割数などはオペレータが任意に入力できる。Fig. 2は2種類の変換結果を示す。図中左は前者のすべての要素厚さを書き出した結果である。この場合は要素すべてに厚さ情報を持っているが、プリプロセッサで厚さの変更は不可能で、色の変化で厚さを視覚的に判断できず、すべての要素が同じ色になる。図中の右は後者の要素厚さを分割入力した結果である。この場合は若干有限要素モデル精度が劣るが、プリプロセッサで厚さ変更などの操作が可能であり、色の変化で厚さを視覚的に判断できるため、以後の操作性が向上する。

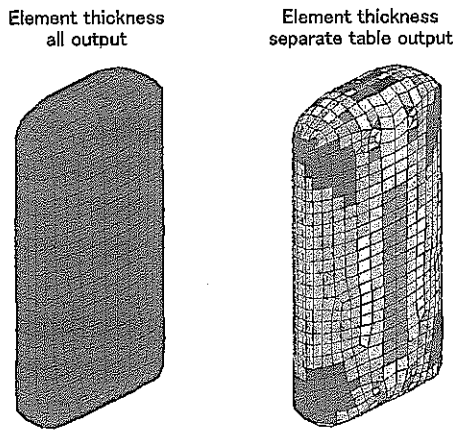


Fig.2 The comparison of the conversion results by method 1 and method 2

Table. 1にその具体的な操作手順を示す。マッピングファイル名を入力すると要素、節点、要素厚さなどを読み込み、ファイル中の最大厚さと最小厚さを表示する。次にすべての要素厚さを書き出すか、テーブル入力するかを選択する。1を入力すると要素厚さをすべて書き出し、2を入力するとテーブル入力機能が選択され、最大値、最小値、

Table 1 The Operations of simfdyna.exe

```

*****
*** SIMBLOW .neu → LSDYNA .DYN 変換プログラム スタート***
*****
BLOWUP3DF転写 .neu FILE を入力して下さい。(neu): aaa ← ファイル名入力

aaa .neuファイルのPROPERTY読み込みスタート。
aaa .neuファイルのPROPERTY読み込み終了。
aaa .neuファイルの節点読み込みスタート。
aaa .neuファイルの節点読み込み終了。
aaa .neuファイルの要素読み込みスタート。
aaa .neuファイルの要素読み込み終了。
} 読み込み状態の表示

1.69 ← 最大厚さ、最小厚さの表示
0.73

TOTAL INPUT (1) or TABLE INPUT (2): 2 ← トータル入力かテーブル入力か選択

最大厚さを入力してください。(1.69) (1.69 から0.73)
最小厚さを入力してください。(0.73) (1.30 から0.73)
分割数を入力してください。(2~10) 10 } 最大厚さ、最小厚さ、
分割数入力

haha= 2.0000e-002
table [ 1 ] = 7.6500e-001
table [ 2 ] = 8.1000e-001
.
.
.
table [ 12 ] = 1.3450e+000
} 厚さテーブルの表示

**** aaa .neu → aaadyua .dyn 変換プログラム正常終了 ****
    
```

分割数などが任意に入力できる。以後は自動的にLS-DYNA入力ファイルに変換される。Table. 1では厚さの最大値に1.0、最小値に0.8、分割数に10を入力している。

4. 統合化シミュレーション手法の確認

ブロー成形輸液バッグ製品を対象として、今回開発したシミュレーション手法の有効性を確認した。まず、ブローアップ解析用パリソンと金型の有限要素モデルを作成した後、ブローアップ解析を行う。製品部分だけのマッピング用有限要素モデルを作成し、要素厚さデータをマッピングする。SIMFDYNA.EXEプログラムを起動し、マッピング用有限要素モデルから、LS-DYNA入力ファイルを作成する。以後は、Table. 2の操作マニュアルに従ってブロック落下解析を行う。Fig. 3に側面薄肉部に高さ1mから30mm角の鋼製ブロックを落下させるシミュレーションを行った結果を示したが、シミュレーションは問題なく作動した。

Table 2 The operation manual of LS-DYNA after conversion by SIMFDYNA.EXE

```

SIMBLOWのプロジェクト名をSOFTとする。
LS-DYNAのプロジェクト名をDROPとする。

1. SIMFDYNA .EXEを起動して、SOFTDYNA .DYNファイルを作成する。
2. FEMBでSOFTDYNA .DYNファイルを読み込み、各種処理を行った後、SOFTDROP .fmbファイルに保存する。また、SOFTDROP .DYNファイルに保存する。ただし、このファイルは、計算条件等は有効であるため、注意して入力する。
   拘束条件処理
   接触インターフェース
   ELEMENT SETの作成 (荷重条件を別ファイルで作成)
   NODE SETの作成 (初期速度設定のため)
   要素、節点のリナンバーは行わない。
3. SOFTDROP .DYNファイルをエディタで開き、節点、要素、パートなどを削除する。また、任意の位置に以下の内容を追加する。
   *include
   softdyna .dyn
   *include
   includepartmat .dyn
   *include
   block .dyn
4. FEMAPでブロック要素を作成する。作成する位置は、SOFT .NEUファイルを読み込んで確認する。要素は、6面体要素を使用する。BLOCK .MODで保存するとともに、BLOCK .NASに出力する。
5. FEMBでBLOCK .NASを読み込み、以下の処理を行い、BLOCK .fmbとBLOCK .DYNに出力する。
   接触インターフェース
   NODE SETの作成 (初期速度設定のため)
   要素、節点を10000以上の番号にリナンバーする。
6. BLOCK .DYNファイルをエディタで開き、パート、接触設定などを削除する。
7. SOFTDROP .DYNファイルでLS-DYNAを起動する。
   このプロジェクトには、以下のファイルが必要となる。
   SOFTDYNA .DYN
   SIMFDYNA .EXEで作成される節点、要素、要素厚さを含むファイル
   SOFTDROP .DYN
   このプロジェクトのメインファイル。計算条件などが設定されており、節点、要素は削除されている。
   INCLUDEPARTMAT .DYN
   パート、MAT、要素フォームレーション、荷重条件、初期条件などが設定されており、これは他のプロジェクトにも共用できる。
   BLOCK .DYN
   ブロックだけを別ファイルとしている。
    
```

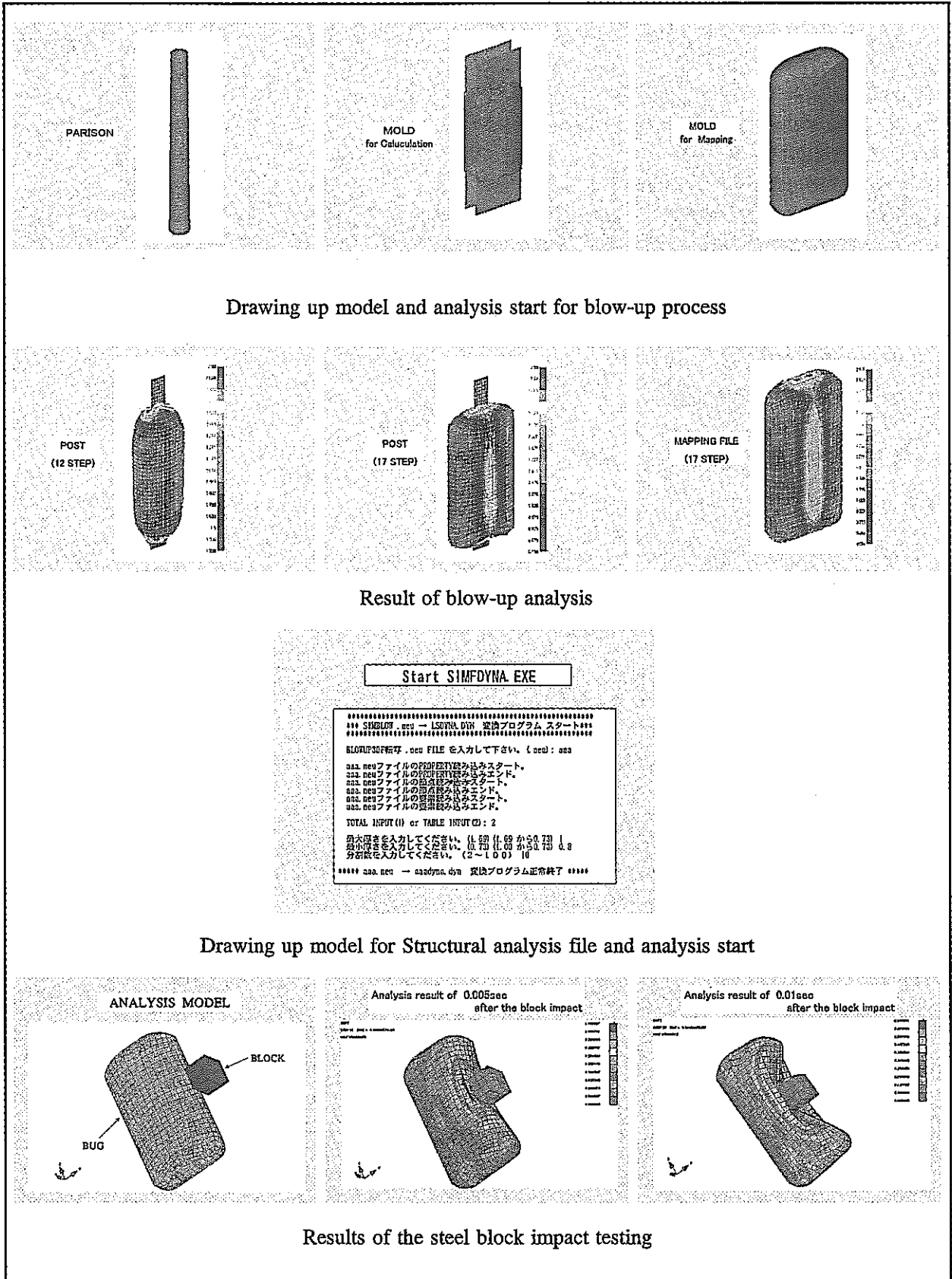


Fig.3 Demonstration of the blow-up-structured analysis(SIMBLOW-LS-DYNA)

5. 結 言

SIMBLOWによるブローアップ解析結果ファイルの厚さデータを要素、節点などのデータとともに読み込み、2種類の設定方法で動的陽解法プログラム (LS-DYNA) の入力データに変換するプログラムを開発した。このプログラムによって、ブロー成形と衝撃などの動的現象を一体化したシミュレーションが可能となった。なお、昨年度開発したSIMBLOW-MARC統合化シミュレーションも今回開発したテーブル入力方法を取り入れたプログラムに改良した。

参考文献

- 1) 西村敬一、野村賀寿雄、三橋正典；奈良県工業技術センター研究報告 No.26 2000 5-9