研究速報

ロールフォーミング汎用シミュレータの拡張に関する研究(第3報) — 広幅断面材の解析(2)—

木内 学*・小野寺 隆* Manabu KIUCHI and Ryu ONODERA

1. はじめに

筆者らは、ロールフォーミング汎用シミュレータの機能の 拡張を目指し、面内せん断力の長手方向・幅方向分布を考 慮しつつ、長手方向および幅方向の力の釣り合いをも考慮 する解析モデルを新たに提案し、その有効性を示し た^{1)~2)}.本報では、この拡張解析モデルを用いて、広幅 断面材の代表的事例であるデッキプレート(3山品)の成 形について解析し、解析モデルの適用範囲の拡大について 検討するとともに、素板に発生する膜ひずみに対する各種 成形条件の影響について調査したので、その結果を報告す る.

2. 拡張モデルの概要

本解析モデルの詳細は既報¹⁾に示すとおりであるが,そ の要点は,図1に示すように,素板の板厚方向中央面が成 形過程において呈する3次元的な変形曲面形状を数式表示 し,

- X=X_k~X_{k+1}の範囲内の帯状要素に作用する長手 方向合力の釣り合い
- (2) その帯状要素をさらに幅方向に分割した各微小要 素に作用する幅方向垂直力と面内せん断力と合わせ た幅方向の力の釣り合い

を考慮しつつ微小要素に発生する応力・ひずみを逐次算 出し,そのうえで,スタンド間で素板の変形に要する仕事 率が最小となるように変形曲面形状の修正を行い,最適な 近似解を得るという方法である.

3. 解 析 条 件

本解析で対象としたデッキプレート(3山品)の概要を

*東京大学生産技術研究所 第2部



図2に示す.この製品の成形プロセスのうち,中央と両側 の山を同時に成形する場合に限定し,入口ガイド~#1ス タンド間の素板変形について解析を行った.各部の形状寸 法および素板の寸法などは表1に示すとおりである.また, パスラインはボトムラインーコンスタント(入口ガイド中 の素板位置と成形断面の溝底部とが水平面上にある)とし, ライン速度は40m/min.としている.素板の機械的特性に ついては別に行った引っ張り試験の結果より,降伏点 oy、 および加工硬化係数を求めて解析に用いた.その他成形条 件をまとめて表2に示す.

以下に幅方向膜ひずみおよび変形仕事率などに対する各 条件因子の影響についての解析結果を報告する.なお,各 部の名称は図2に示す記号,すなわち,ウェブ部(W₁部,

表1 成形条件

研



表 2	麦板の機械的性質
12.6	

Material of Sheet	Yield Stress $ ho_{y}$	Young's Modulus E	Strain Hardening H
SPCE@	181N/mm ²	206000N/mm ²	1370/mm ²
SS400	309N/mm ²	206000N/mm ²	780/mm ²
SUS304	367N/mm ²	193000N/mm ²	1760/mm ²



図2 3山品の概要

 W_2 部),フランジ部 (F_1 部~ F_3 部),溝底部 (B_1 部),折り 曲げ部 (R_1 ~ R_6 部)を用いることとする.

4. 解析結果

4.1 ウェブ幅の影響

2

図3にウェブ幅Wを変えた場合について、W₁部中央に 発生する幅方向膜ひずみの、入口ガイドからロール直下に 至る過程での、推移を示す.

図より、ウェブ部の立ち上がりが始まるとともに、幅方 向では引っ張り変形が起こるが、ロール直前において圧縮 変形に転じることがわかる.さらに、幅方向伸びひずみの 絶対量はウェブ幅が広いほど大きく、縮みひずみの絶対値 はウェブ幅が小さいほど大きくなる傾向にある.これは、 幅方向曲げの進行が、図4に示すように、最初は折り曲げ



部が形成されない丸波形に,後になって上下ロールにより 押さえ込まれて角山溝形に成形される過程を経ることに伴 う結果と考えられる.

4.2 溝幅の影響

図5に溝幅 B_1 を変化させた場合の R_4 位置(図参照)に 発生する幅方向膜ひずみの推移を,図6には同じく W_1 部 中央に発生する幅方向膜ひずみの推移を示す.溝幅が狭い 場合は,外側の山で発生する幅方向張力の影響が溝部で遮 断され,内側の山すなわち W_1 部まで及びにくいことが観 察できる.

4.3 折り曲げ角度の影響

図7に,折り曲げ部の曲げ角度を変化させた場合のW1 部中央に発生する幅方向膜ひずみの推移を示す.曲げ角度 の増加とともに,幅方向膜ひずみは急激に増加し,かつ ロール直下近傍では縮みひずみが大きくなっているが,こ れも先の図4に示した素板の丸波形への初期変形とロール による押さえ込み折り曲げ変形の差が,曲げ角度の増大と ともに顕著になることの効果である.



図4 ウェヴ部のロール入側・直下の変形模式図





4.4 フランジ長さの影響

図8に、フランジ長さを変化させた場合のW1部中央に発 生する幅方向膜ひずみの推移を示す.フランジ長さの増大 は、幅寄せに要する幅方向張力の増大と断面の立ち上がり 量の増大,さらにそれに伴う長手方向・幅方向の張力の増 大を招き、これにより発生する膜ひずみが増大することが わかる.



4.5 折り曲げ部の曲げ半径の影響

図9に、折り曲げ半径を変化させた場合について、R₁ 位置(図参照)での幅方向膜ひずみの推移を示す.曲げ半 径が小さくなると、折り曲げ部に発生する幅方向膜ひずみ が大きくなる傾向にある.図は示さないが、変形仕事率に 対する曲げ半径の影響をみると、曲げ半径が小さく曲げ部 のひずみが大きいほど、仕事率が大きくなる.また長手方 向膜ひずみは折り曲げ半径の影響はあまり受けないことも 予想されるとおりである.

4.6 板厚の影響

図10に、各板厚について、R1位置(図参照)に発生す る幅方向膜ひずみの推移を示す.折り曲げ部に集中的に発 生する幅方向膜ひずみは、板厚と共に増大するが、その増 加率は次第に小さくなる.幅方向膜ひずみが、板厚の増加 とともに増大するのは、板厚が増大する程幅寄せが困難に なり、予変形域での幅寄せ量が相対的に少なくなり、ロー ル直前で急激に幅寄せが起こり、幅方向に大きな張力が加



研



わるためである.この現象は広幅断面材に限らずロール フォーミングでは一般的に観察されることである.

4.7 素板材質の影響

図11に各素板材質について、 W_1 部中央に発生する幅方 向膜ひずみの推移を、図12にはその際に R_1 位置(図参照) に発生する幅方向膜ひずみの推移を示す.ひずみの集中す る折り曲げ部で SPCE@のピーク値がやや低いものの、ひ ずみの分布形態は素板材質によらずほぼ同一になっており、 今回対象としている範囲では、幅方向膜ひずみの分布に対 しては、素板の機械的特性よりも、断面形状の効果の方が 大きいことがわかる.

4.8 各折り曲げ部に発生する幅方向膜ひずみの比較

図13に,基準条件の下で各折り曲げ部に発生する幅方向 膜ひずみの推移を示す.幅方向膜ひずみについては,中心 側のR1折り曲げ部で最大,板縁側のR5、R6折り曲げ部で最 小となっている.当然のことながら,中心側では,素板の 幅寄せに要する幅方向張力が,板縁側に比較して大きいた



め,幅方向膜ひずみが大きくなる.また各折り曲げ部に発 生する曲げひずみ自体は曲げ半径によってほぼ決まるので, 寸法位置による差異は小さい.

5. まとめ

既報に続いて,拡張した解析モデルを用いてより複雑な 形状を有する広幅断面材について解析を行い,素板各部に 発生する幅方向膜ひずみなどに与える断面寸法や素板材質 の影響についての知見を得た.本報で対象とした3山品の 成形時に発生するひずみの挙動については既報の1山品と 比較して,素板の機械的特性の影響が相対的に小さく,断 面形状・寸法の効果がより大きい,という結果を得た.

今後は実成形の助力となりうる知見を整備すべく解析事 例のさらなる拡張を目指していく予定である.

(1994年6月23日受理)

参考文献

木内・阿部:平成5春塑加工論 (1993),835
 木内・阿部:平成5春塑加工論 (1993),839