

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 5 報)

— 広幅断面材のタンデム成形の解析 (1) —

Advanced Simulation Method for Cold-Roll-Forming · V

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加工時に発生する素板の応力・ひずみ分布の総合的な解析を可能とするロールフォーミング汎用シミュレータの開発及び拡張を進め、多くの成果を得てきた^{1)~4)}。前々報³⁾および前報⁴⁾においては、数値実験による技術データの蓄積を目的として、広幅断面材の代表的事例であるデッキプレート 3 山品の解析を行い、成形条件が膜ひずみに与える影響などについて数々の知見を得た。本報では、同製品の 1 山品のタンデム成形 (複数スタンド成形) の解析を行い、各スタンドでの折り曲げ角度が膜ひずみに与える影響について調査を行ったので、その結果を報告する。

2. 拡張モデルの概要

本解析モデルの概要については、既報に示すとおりであるが、その要点は図 1 のように

- 素板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、
- 長手方向に分割した帯状要素に作用する長手方向の力の釣り合い、
- その帯状要素を幅方向に分割した各微小要素に作用する幅方向応力と面内せん断力とを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、更に、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 (1 山品) の断面形

*東京大学生産技術研究所 第 2 部

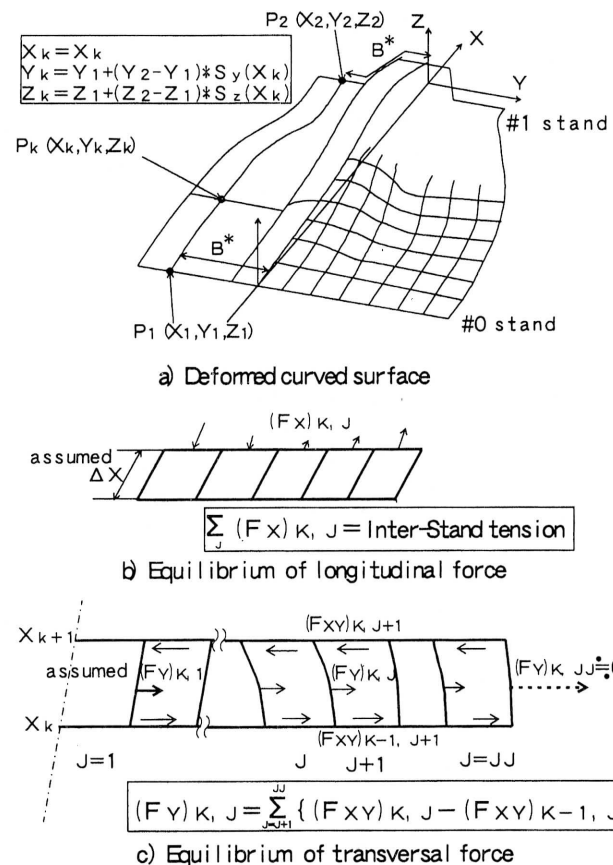
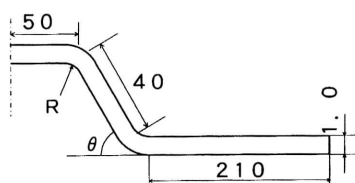


図 1 変形曲面と要素内の力の釣り合い

状を図 2 に示す。その他の成形条件については前報⁴⁾と同様である。表 1 に各スタンドでの曲げ角度の一覧を示す。本報では、1 山品を 2 スタンドで成形する場合に限定し、#2 スタンドでの曲げ角度増分 $\Delta \theta_{1-2}$ (以下、単に $\Delta \theta_{1-2}$ と表記する) が折り曲げ部の幅方向膜ひずみ、あるいは折り曲げ部の減肉へ与える影響についての解析結果を示す。

研 究 速 報



Bending Mode : constant arc length
($R \times \theta = 400 \text{ (mm} \cdot \text{deg.)}$)

図2 1山品の概要(断面形状)

表1 曲げ角度配分一覧表

#1 stand θ_1	#2 stand θ_2 ($\Delta\theta_{1-2}$)	$\Delta\theta_{1-2} = \theta_2 - \theta_1$
20°	40° (+20°)	
	50° (+30°)	
	60° (+40°)	
30°	50° (+20°)	
	60° (+30°)	
	70° (+40°)	
40°	60° (+20°)	
	70° (+30°)	
	80° (+40°)	

表2 素板の機械的性質

Material of Sheet	Yield Stress σ_y	Young's Modulus E	Strain Hardening H
SPCE@	181N/mm ²	206000N/mm ²	1370N/mm ²
Ti	500N/mm ²	120000N/mm ²	1300N/mm ²
SUS304	367N/mm ²	193000N/mm ²	1760N/mm ²

また、素板の機械的性質については表2のとおりとする。

4. 解 析 結 果

4.1 曲げ角度増分の影響

図3に $\Delta\theta_{1-2}$ を変化させた場合の、R2部(図3参照)に発生する幅方向膜ひずみの最大値 $\varepsilon_{y\max}$ を示す。なお、素板の材質はSPCE@である(以下、4.2、4.3においても同様とする)。#1スタンドの曲げ角度 θ_1 (以下、 θ_1 と表記する)に関係なく、 $\Delta\theta_{1-2}$ が増大すると、 $\varepsilon_{y\max}$ も増大している。これは、折り曲げ成形が弧長一定方式に基づいて行われているため、曲げ半径の減少に伴い、折り曲げ部全域にわたって変形が増大し、これとともに幅方向膜ひずみも増大するためである。

また、 $\theta_1=40^\circ$ の場合では、 $\varepsilon_{y\max}$ の増大の割合が大きくなっているが、これは、#1スタンドの曲げ角度が過大な場合には#2スタンド以降でのひずみの発生に好ましくない影響が現われることがあり、逆に言えば成形初期段階

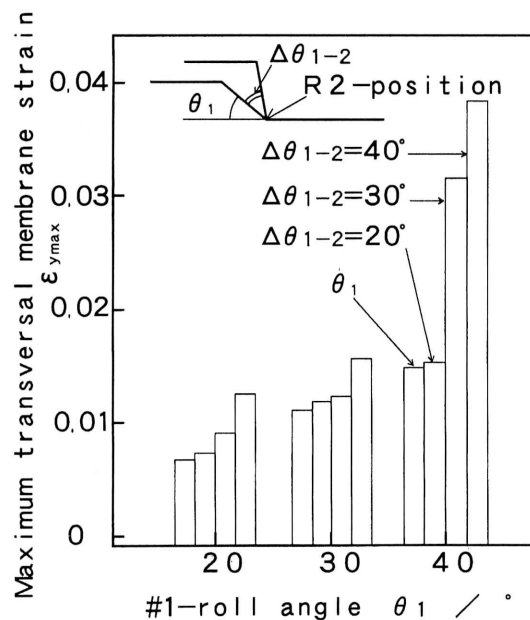


図3 幅方向膜ひずみの最大値(R2部)

での曲げ角度を小さくすることで幅方向膜ひずみの低減、あるいは折り曲げ部の肉減りの減少が可能になることを意味している。

4.2 スタンド数の影響

最終曲げ角度が 40° の製品を、1スタンドで成形した場合と、2スタンドで成形した場合(1スタンド当りの曲げ角度を 20° とする)について、それぞれR2部に発生する幅方向膜ひずみの推移を図4に示す。スタンド数を多くすると、最大膜ひずみの低減をはかることができ、従って折り曲げ部の減肉を抑制することができるのがわかるが、

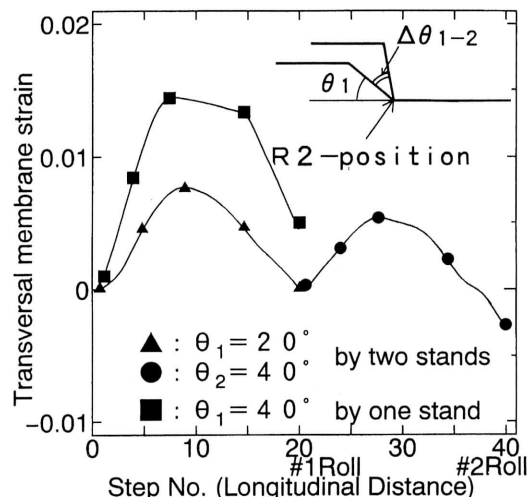


図4 幅方向膜ひずみの最大値(R2部)

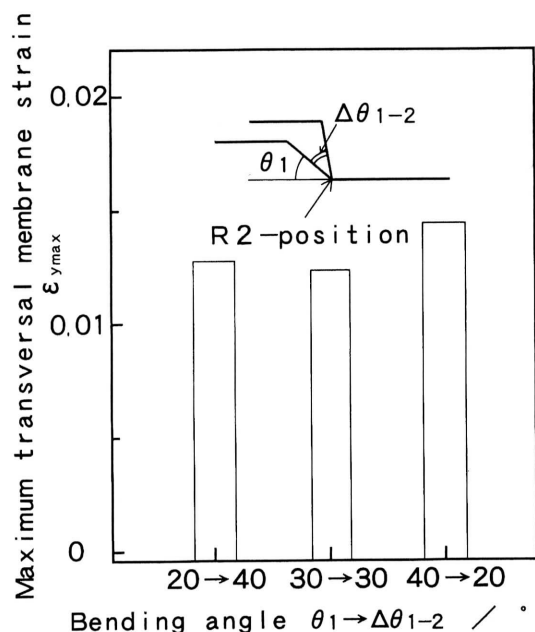


図5 幅方向膜ひずみの最大値 (R2部)

これは実成形においても経験されていることである。

4.3 曲げ角度配分の影響

最終曲げ角度が60°の製品を、2スタンドで成形する場合を考える。 θ_1 をそれぞれ20°, 30°, 40°とした場合について、R2部に発生する幅方向膜ひずみの最大値 $\epsilon_{y_{max}}$ を図5に示す。 $\epsilon_{y_{max}}$ は $\theta_1=30^\circ$ のとき最小であることから、2スタンドで成形する場合は折り曲げ角度を等配分するのが望ましいといえる。

また、 $\theta_1=40^\circ$ より $\theta_1=20^\circ$ の場合の $\epsilon_{y_{max}}$ が小さいことは、成形の上流側では比較的小さい角度を用いるという経験則と一致するため、妥当な結果であると言える。

4.4 素板材質の影響

図6に、 $\theta_1=30^\circ$ の場合のR2部に発生する幅方向膜ひずみの最大値について示す。材質によらず、幅方向膜ひずみは折り曲げ角度の増大と共に大きくなるのがわかるが、その割合はTi(チタン)の場合特に高くなっていることがわかる。これは、今回の成形条件では、Ti材が他の2種類の被加工材と比較して降伏応力が非常に高く、そのため#2スタンドのひずみに好ましくない影響を与えているた

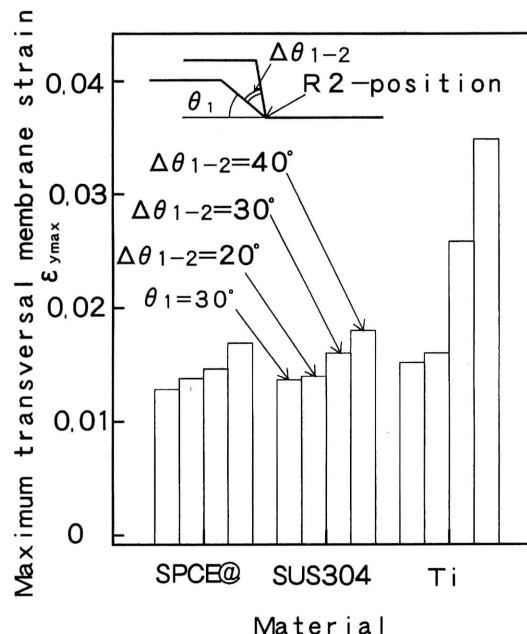


図6 幅方向膜ひずみの最大値 (R2部)

めと考えることができる。すなわち、降伏応力の高い被加工材の場合は、他の場合以上に1スタンドでの折り曲げ角度を抑える必要がある、と言える。

5. ま と め

本報では、1山品のタンデム成形について解析を行い、折り曲げ部に発生する幅方向膜ひずみに与える曲げ角度の影響についての知見を得た。2スタンドでの成形を考えると、曲げ角度は等配分が望ましいこと、#1スタンドの曲げ角度が過大である場合や、素板の降伏応力が高い場合では、折り曲げ部の幅方向膜ひずみの発生に好ましくない影響を与えることなどが判明した。

今後は3スタンド以上での解析などを行い、解析事例の拡張を目指していく予定である。(1995年5月23日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内・阿部 平5 春塑加講論 (1993), 835
- 2) 木内・阿部 平5 春塑加講論 (1993), 839
- 3) 木内・小野寺 平6 春塑加講論 (1994), 411
- 4) 木内・小野寺 45回塑加連講論 (1994), 215