

ロールフォーミングに関する実験的研究 第2報

Experimental Study on Cold Roll Forming 2nd Report

—基本的断面形状に関する実験 (2)—

—Experiments on Fundamental Forming Sections (2)—

鈴木 弘・木内 学・中島 聡・赤堀 明夫

Hiromu SUZUKI, Manabu KIUCHI, Satoshi NAKAJIMA, and Akio AKAHORI

1. ま え が き

ロールフォーミングによって得られる各種断面形状を構成する基本形状として最も基礎的かつ利用度の高い円弧形について、その成形条件・変形過程と製品形状の関係についての研究を報告する。すでに第1報において単スタンド成形の場合について報告したが、本報においては一連の研究のうちから1・2・3スタンドタンデム成形の場合について述べる。

2. 実験方法

1～3組の円弧形成形ロールと入口ガイドを図1のように配置し、左から素材平板をそう入し円弧形半開断面

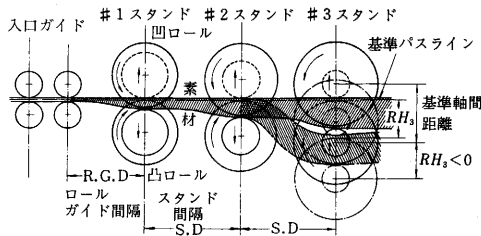


図1 タンデム成形実験概略図

の製品を得る。実験条件は次の通りである。(1)成形ロール: 曲げ半径 $(\rho_y)_{Roll} = 40 \sim 180$ mm, 設計ロール間隙 $RC = 0.8 \cdot 3.0$ mm, ロール径 $D_1 = 150.4 \sim 276.26$ mm, $D_2 = 97.2 \sim 229.62$ mm, 上下ロール基準軸間距離 $= 140.0, 244.12 \sim 244.9$ mm, (2)素材: C 0.1% 以下の軟鋼板・SS 41 相当ミルスケール付熱延板・きよう正済, 板幅 $2b = 60 \sim 180$ mm, 板厚 $t = 0.4 \sim 3.0$ mm, (3)成形速度: 設計値 $= 1.32 \sim 30.0$ m/min 上下軸直結駆動方式, (4)圧下調整: 定クリアランス方式, 設定 $RC = 0.4 \sim 3.4$ mm, プロフィール底部で調整, (5)バースライン: ロール・ガイド間隔 $RGD = 270 \sim 460$ mm, ガイド高さ $GH = -100 \sim 60$ mm, スタンド間隔 $SD = 400 \cdot 800$ mm, ロール高さ $RH = -30 \sim 30$ mm.

上記の各種成形条件下で得た製品を、全体的形状因子の長手方向そり曲率 $1/\rho_x$ と、部分的形状因子の断面各部の曲げ半径分布 $\rho_y(y)$ との両因子をもって評価検討し、成形過程で素材に発生する各種付加的ひずみ成分の

測定等を通して成形条件と製品形状の関係を考察する。ここで円弧形成形の場合の成形断面係数 $\xi = 2b/(\rho_y)_{Roll}$ ・素材断面係数 $\eta = 2b/t$ ・成形曲げ係数 $\zeta = (\rho_y)_{Roll}/t$ ・素材のみかけの対ロール進入角 $\alpha = GH/RGD$ or RH/SD ・圧下係数 $A = RC/t$ ・製品の成形度 $f = \rho_y/(\rho_y)_{Roll}$ を導入する。これらは成形の度合や特性・素材の対ロール進入径路およびロールから受ける束縛の強弱等を示す指標となる。

3. 実験結果ならびに考察

(1) 各種成形条件因子が長手方向そり曲率 $(1/\rho_x)$ に与える影響: 図2～4参照。一般に $1/\rho_x$ は $\alpha \cdot \xi \cdot \eta \cdot \zeta$ により

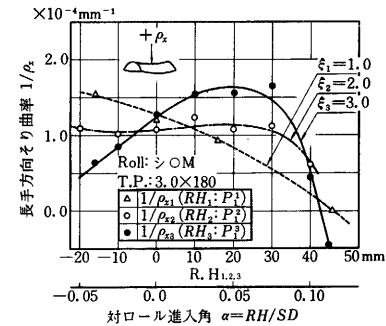


図2 ロール高さ RH が製品の長手方向そり曲率 $1/\rho_x$ に与える影響

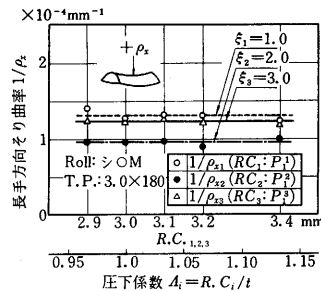


図3 ロールクリアランス RC が製品の長手方向そりの曲率 $1/\rho_x$ に与える影響

は成形過程において素材に生じる長手方向膜ひずみ e_{xx} ・曲げひずみ e_{xb} の分布形態と値の大小を規定する主因子となり、 $\eta \cdot \zeta$ は e_{xb} の板厚方向への分布を規定する主因子となることにより $1/\rho_x$ に大きな影響を与える。

図2において α が正 (凸ロール側から素材が進入) から負 (凹ロール側から、素材が進入) に変化すると、 $\xi < 2.0$ の場合 $1/\rho_x$ は正 (くらの形のそり) から負 (なべ形のそり) へ単調減少し、その度合は η が小なる程大きい。 $\xi > 2.0$ の場合 $1/\rho_x$ は一度増大し極大

* 東京大学生産技術研究所 第2部

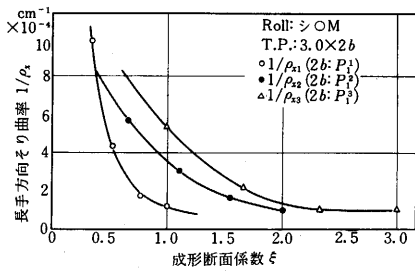


図4 素材幅 2b が製品の長手方向そりの曲率 (1/ρx) に与える影響

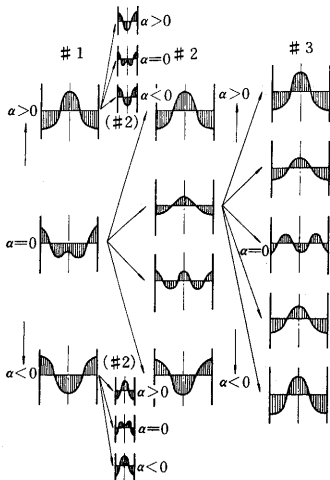


図5 タンデム成形の場合の長手方向膜ひずみ分布の推移

となり再び減少する。この ξ の変化に伴う $1/\rho_x$ の α に対する変化形態の相違は、図5に示すタンデム成形の過程における e_{xx} の分布形態の α に対する変化と対応している。同時にこの e_{xx} の分布および対応する $1/\rho_x$ の変化には、タンデム成形に固有の素材の変形過程の特質が表われている。単スタンド成形の場合に ξ が $1/\rho_x$ と α との対応関係に与える影響は単純であり、正常な成形限界内では ξ のいかによらず α 増加とともに $1/\rho_x$ は単調に減少する。 $\alpha=0$ の場合に ξ の大小と $1/\rho_x$ の大小が必ずしも対応しないのは、 ξ の変化に伴う e_{xx} の分布形態および成形断面の長手方向曲げ剛性の変化が、 $1/\rho_x$ に逆の効果を与える場合のあることを示している。図4で $(\rho_y)_{Roll}$ 一定のもとで ξ 減少とともに $1/\rho_x$ が増大するのは、 e_{xx} の分布形態の変化以上に長手方向曲げ剛性減少の効果が大きいこと、および e_{xb} の効果が急激に現われてくるためである。 $\alpha \cdot \xi$ が一定の場合、 η 減少 (t 増大) とともに $1/\rho_x$ は増大し、 ξ が小なるほどこの傾向が強い。 $|\alpha|$ が通常の範囲内にある限り、圧下係数 A ・上下ロール径 $D_1 \cdot D_2$ ・成形速度 FS の $1/\rho_x$ に与える影響はほとんどない。ただし $|\alpha|$ が極端に大きい場合にはこれらの因子の影響も大きく現われる。また A が極端に大または小の場合はロールフォーミング本来の意義からはずれるので問題外とする。

(2) 各種成形条件因子が幅方向曲げ半径分布 $\rho_y(y)$ に与える影響：円弧形成ロールで成形された製品の断面形状は

必ずしも一様な円弧形とはならず、 ρ_y は成形条件によって規定される特有の幅方向分布を示す。 ρ_y の分布形態は各種因子のうち $\alpha \cdot \xi$ によって本質的な影響を受ける。これは $\alpha \cdot \xi$ に伴う素材の対ロール進入径路および

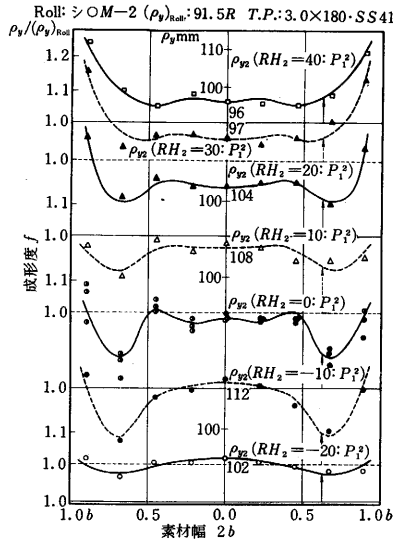


図6 #2 スタンドロール高さ RH_2 が幅方向曲げ半径 ρ_{y2} の分布に与える影響

Roll: ショ M-3 ($\rho_y)_{Roll}$: 61.5R T.P.: 3.0×180-SS41

■ $\rho_{y3}(RH_3=45:P_3^?)$	△ $\rho_{y3}(RH_3=10:P_3^?)$
□ $\rho_{y3}(RH_3=40:P_3^?)$	● $\rho_{y3}(RH_3=0:P_3^?)$
▲ $\rho_{y3}(RH_3=30:P_3^?)$	○ $\rho_{y3}(RH_3=-10:P_3^?)$
△ $\rho_{y3}(RH_3=20:P_3^?)$	● $\rho_{y3}(RH_3=-16:P_3^?)$

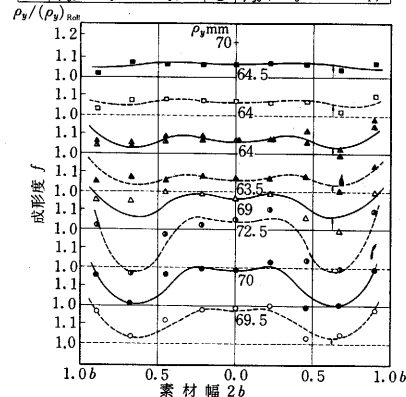


図7 #3 スタンドロール高さ RH_3 が幅方向曲げ半径 ρ_{y3} の分布に与える影響

で ρ_y の分布は幅方向にほぼ一様となり、 ξ が小さく幅方向の曲げひずみ e_{yb} の値が大なる程 f は 1.0 に近づく。 $\xi < 1.0$ となるに従い素材中間部から縁部に向かって成形度は悪化し、 f は急激に増大する。 $\xi > 1.0$ となると素材中間部から縁部にかけての比較的狭い領域に成形度の良好な f の極小値が現われる(図8参照)。

図9・10にはタンデム成形で $(\rho_y)_{Roll 1,2,3}$ を一定とし

研究速報

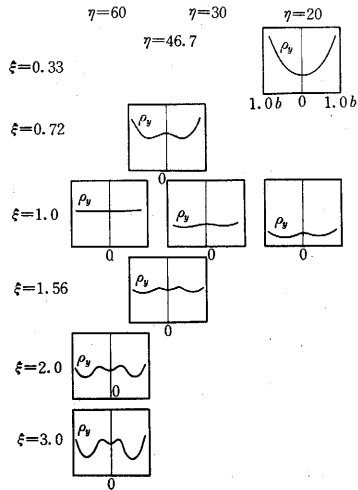


図8 成形断面係数 ξ および素材断面係数 η の変化に伴う製品の幅方向曲げ半径 ρ_y の分布形態の変化説明図

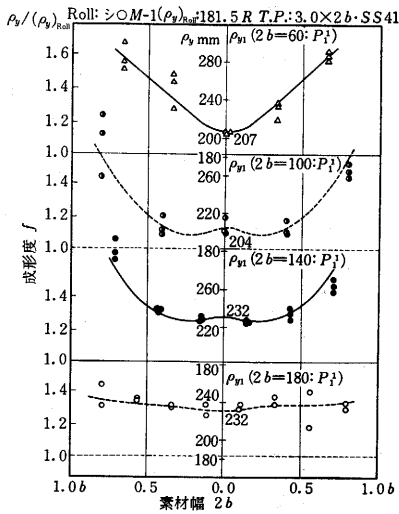


図9 素材板幅 $2b$ が幅方向曲げ半径 ρ_{y1} の分布に与える影響

変化は、成形過程における各種付加的ひずみとロール素材間の接触圧分布いかんによるが、膜ひずみはその絶対値

素材幅 $2b$ すなわち ξ を変化させた場合の $(d_y y)$ の分布形態の変化を示す。この結果からも ξ が $\rho_y(y)$ に本質的な影響を与えることがわかる。A は $\rho_y(y)$ の分布形態自体には本質的影響を与えないが分布の変動度に大きな影響を与え、A が増大するにしたがって製品断面の局所的な成形不良度は極端に大きくなる。

上記のような $\alpha \cdot \xi$ による

$\rho_y(y)$ の分布形態の変

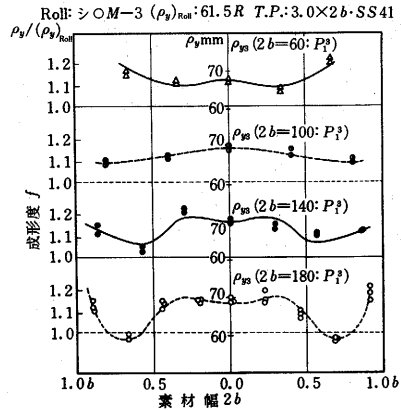


図10 素材板幅 $2b$ が幅方向曲げ半径 ρ_{y3} の分布に与える影響

の大きくなる程、接触圧はその値が大きなるほど、 ρ_y の弾性回復量を減少させる効果を有する。しかし e_{x0} の効果は複雑であり、さらに付加的ひずみ成分の重複する場合の複合効果は単独効果とは別種のものとなり得る。したがって $\rho_y(y)$ の分布形態を十分説明するには成形過程特にロール直前および直下での付加的ひずみ分布の状態と推移・接触圧分布の形態と強弱をより細かく追求する必要がある。

4. ま と め

本報では円弧形タンデム成形に関し各種条件因子が製品形状に与える影響について検討した。長手方向のそりは長手方向膜ひずみ・曲げひずみ分布および曲げ剛性に支配され、幅方向曲げ半径 ρ_y の分布は各種付加的ひずみと接触圧分布に支配されるという意味から、製品形状は素材の対ロール進入角 α ・成形断面係数 ξ ・圧下係数 A の大きな影響を受ける。(1969年1月20日受理)

文 献

ロールフォーミングに関する実験的研究 第1報 第18回塑性加工連合講演会前刷集 昭和42年11月 鈴木、木内、中島
 " 解析的研究 第1および2報 " 木内
 " 実験的研究 第2報 第19回塑性加工連合講演会前刷集 昭和43年11月 鈴木、木内、中島、赤堀