

# ロールフォーミングに関する実験的研究 第6報

Experimental Study on Cold Roll Forming • 6-th Report

## —円弧形断面タンデム成形の接触圧力分布—

—Distribution of Contact Pressure between the Specimen and Calibre Rolls with Circular Groove through Tandem Mills—

鈴木 弘\*・木内 学\*・中島 聡\*・市田山正昭\*

Hiromu SUZUKI, Manabu KJUCHI, Satoshi NAKAJIMA and Mutsaki ICHIDAYAMA

### 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断面の3スタンドタンデム成形に関し、素材表面にはりつけたアルミ線材の押しつぶれ量から単位幅当たりの接触荷重分布を求める方法により、パスラインを変化させた場合(板幅、板厚は一定)の上下ロールと素材間の接触状態と接触圧分布を測定したので以下にその結果を報告する。

### 2. 実験方法

#### (a) 通板時の線材のつぶれ量を求める実験

№1~№3の円弧形成形ロールと入口ガイドを図1のよ

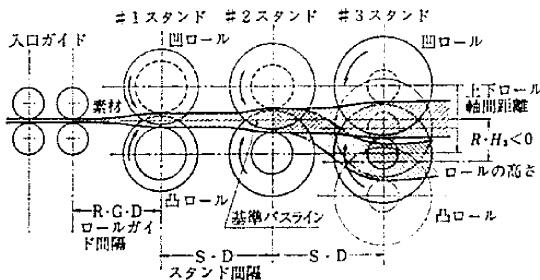


図1 3スタンドタンデム成形実験概略図

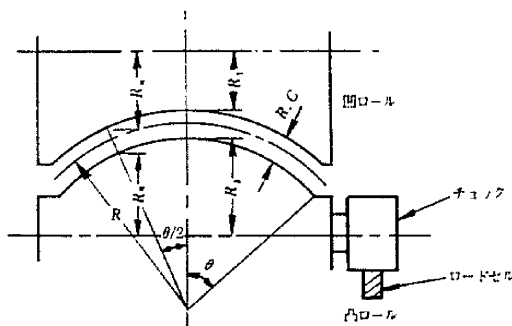


図2 ロール形状

表1 ロール寸法 (mm)

	$\theta^\circ$	R	RC	$R_1$	$R_2$
№1	30	180	3.8	121	114.41
2	60	90	3.8	121	108.34
3	90	60	3.8	121	102.58

うに配置し、左から素材平板を挿入し円弧形半開断面の製品を得る。ロール形状とその寸法を図2と表1に示す。(ただし  $R_2$ ; 上下ロール設計等周速半径)。素材寸法は、 $3.0 \times 180 \times 3,500$  mm (板厚×板幅×長さ)、材質はSS41相当ミルステール付熱延板で矯正済みのもの、線材は  $0.805\phi \times 50$  mm (線径×長さ)のアルミ焼鈍線材を用いる。実成形速度は約 30 m/min。無潤滑、定クリアランス方式で成形する。まず、( $RC=3.8$ ,  $t=3.0$ , 線径 =  $0.805$  mm に設定し) 素材を №3 スタンドまでかみ込ませてとめ、各スタンドの上流側約 200 mm のところからあらかじめ用意した線材 (2mm 間隔に 89 本並べて先端と末端とを固定したもの) をはりつける。再び駆動し、各スタンド通過後の押しつぶされた線材を取り出し、つぶれ量を測定する。線材を押しつぶすに要する荷重はあらかじめ後述のようなロール径その他を考慮した校正曲線を求めておき、これよりロールプロフィールに沿って単位幅当たりの荷重分布を求める。パスラインの変化は表2の種類の組合せで各条件につき 3 回行ない、その平均値をデータとする。

#### (b) 接触状態を調べる実験

(a)と同様の手法によりあらかじめ成形原油を薄く塗布した素材をかみ込ませ ( $RC=3.0$  mm, 線材ははらない) ロール入側および出側から微粉体を圧縮空気 ( $4 \text{ kg/cm}^2$ ) を用いて十分に吹きつけ、ロールを上げ素材を取り出し、ロール・素材間の接触・非接触領域の判定を行なう。この場合のパスラインは (a) と対応させてある。

### 3. 実験結果および考察

#### (a) 線材の幅方向はりつけ本数が単位幅当たりの接触荷重に与える影響

RH(0,0,0)の凸側について 2 mm 間隔の他に 3, 5, 10 mm 間隔に線材をはりつけた予備実験を行ない、その時

表2 ロール高さの変化 (mm)

	1	2	3	4	5	6	7
№1	-16	0	44	0	0	0	0
2	-16	0	44	-16	44	0	0
3	-16	0	44	-16	44	-16	44

\*東京大学生産技術研究所 第2部

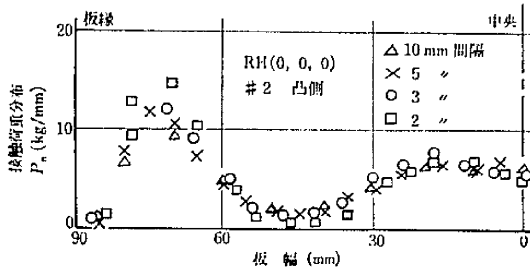


図3 線材のはりつけ数の影響

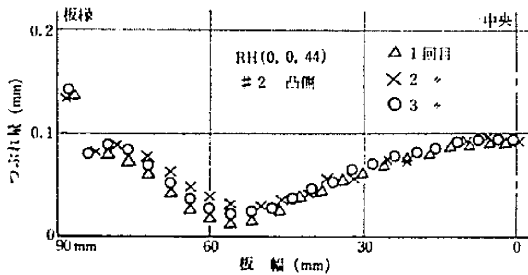


図4 つぶれ量分布

のつぶれ量分布から単位幅当たりの接触荷重を求めたのが図3である。線材のはりつけ間隔を密にするほどつぶれ量は小さくなるが、それを単位幅当たりの接触荷重に整理すると、わずかな差はあるが一定の分布形態を示し線材の間隔の影響はないことがわかる。はりつけ間隔が密になるほど接触状態は実際の成形時の状態に近づくと考えられるが、隣り合う線材が変形後に接触しない程度として2mm間隔を採用する。なお、ロードセルに示される成形荷重は、はりつけ間隔の影響を受けないことが確認されている。

(b) ロールクリアランス (RC) が単位幅当たりの接触荷重に与える影響

線材がロールにかみ込まれつぶされると設定クリアランスは見かけ上増加する。つぶれ量は通常0~0.3mm程度であるが、この程度のRCの変化では成形荷重はほとんど変わらないことがすでに判明しており、各スタンドで素材がロールから受ける束縛の形態もほとんど変化しないと考えられる。ゆえに線材をはりつけた場合 (RC = l + 線径) の単位幅当たりの接触荷重と線材をはりつけない場合 (RC = l) のそれとはほぼ同一であると思われる。またかみ込まれた線材は縁部では素材の流線からわずかにずれるものもあるがほとんど素材流線に平行である。さらに、同一条件で3度測定を行なっているが、つぶれ量のばらつきは少なく (図4参照)、製品形状も通常の成形の場合とほぼ同一である。以上の結果、線材を素材表面にはりつけたための成形過程の状態変化は少ないと考えられる。

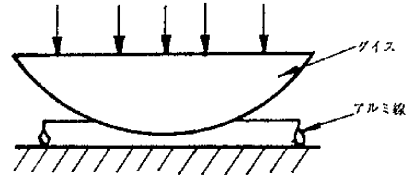


図5 校正値を求める実験

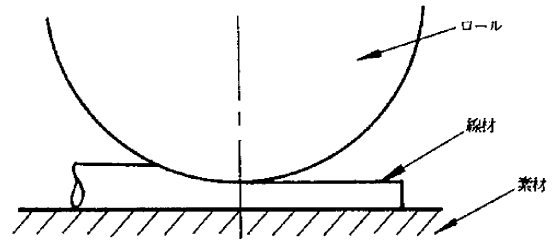


図6 ロール通過時の線材

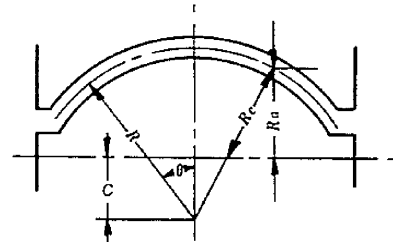


図7 等価なロール半径

(c) 線材のつぶれ量と押しつぶし荷重

曲率半径の異なる7個の半円筒型ダイスで線材を押しつぶすに要する荷重を圧縮試験機を用い測定した (図5参照)。ただし、線材がロール間を通過する時は図6に示す状態ではつぶされるので、荷重は同じつぶれ量に対して図5の状態の1/2であると考えられ、実験的にもその妥当性が判明した。また成形に用いたロールはキャリバーロールであり幅方向の各点でロール半径は異なり、実際に線材をつぶすロール半径は  $R_c$  ではなく  $R_a$  である (図7参照)。校正曲線はつぶれ量の0.05mm間隔に直線近似として用い十分な精度が得られた。つぎに圧縮試験で校正曲線を得る場合とロール間を通過してつぶされる場合との歪速度の差を考慮すると、両者の近似的な平均ひずみと歪速度との差から後者の場合に約20%変形抵抗が増加する。これらの考慮を施し、線材の位置とつぶれ量とからロールプロフィールに沿う接触荷重分布 ( $P_c$ ) が得られる。図8にその一例を示す。 $P_c$  の鉛直方向成分を板幅方向に合計したものが成形荷重に相当するが、本実験の結果はロードセルの測定値の約84%となり、一応満足すべき値が得られている。つぶれ量から換算した荷重は平均的に見るとロードセルの値の84%であるが、各条件で±20%ぐらいの変動がある。#3スタンド

研究速報

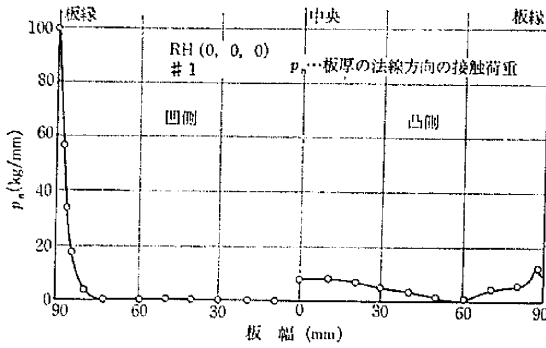


図 8 単位幅当たりの接触荷重分布

凹側縁部の線材はロール直下より約 50 mm 上流側の接触部で切断される場合が多くて十分な測定値が得られず、ロードセルの値から得た全荷重から測定可能な部分の線材の受け持つ荷重を差し引いた荷重が縁部に作用するものと考え、接触状態や #1, #2 スタンドの接触荷重などを参考にして荷重分布を推定した。P<sub>n</sub> の分布の形と絶対値はパスラインを特に大きく変動させなければ変化は少ない。パスラインを +44 に上げた場合をすべて除いたときの P<sub>n</sub> の定性的な分布状態を図 9 に示す。

(d) 接触状態

接触状態、領域の測定に用いた微粉体の粒度は 20 μ 以下で中には数 μ の粒子もあり、一方素材表面あらさは数 μ であるから、微粉体はロール素材間のすきまに侵入するには十分小さいと考えられる。また、測定結果は線材のつぶれ量から推定される接触領域にほぼ等しいかやや大きめである。代表例を図 10~12 に示す。凹側と凸側とでは長手方向の接触位置中心はロール直下を境に互い

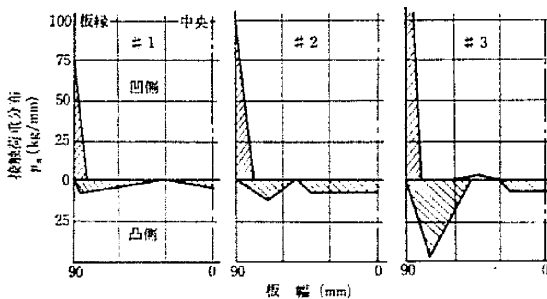


図 9 単純化した P<sub>n</sub> の分布

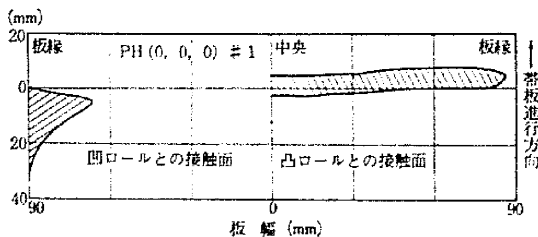


図 10 素材とロールとの接触面

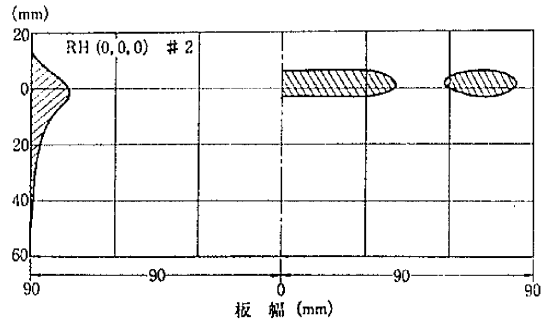


図 11 素材とロールとの接触面

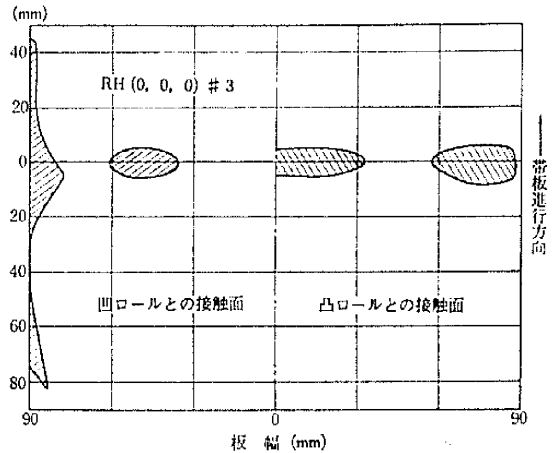


図 12 素材とロールとの接触面

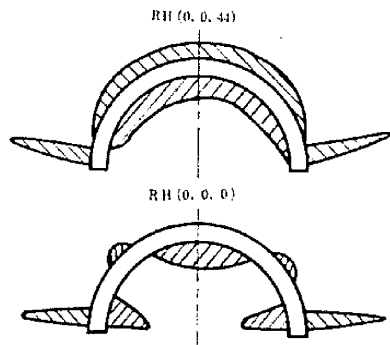


図 13 #3 接触荷重分布

に反対側にずれている。この原因としては、成形中の素材の板厚変化はないと考えられるが、他方成形反力その他の要因により設定ロールクリアランスは多少増加し、そのため素材が長手方向に傾斜角を有してロール直下を通過することも考えられる。接触圧分布から推定される素材幅方向曲率半径は RH(0, 0, 0) の場合には図 13 の A 部で小さくなり、一方 (0, 0, 44) のときはほぼ一様である。これは製品形状測定結果とよく一致している。

(e) 接触圧力分布

(c) で単位幅当たりの接触荷重、(d) で進行方向の接触長さが得られたのでこの両者から接触圧力分布を求め

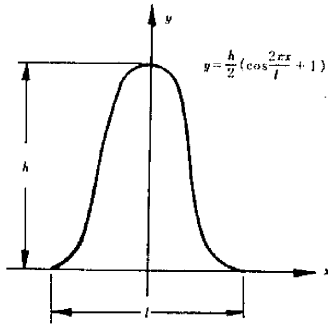


図 14 仮定した進行方向の圧力分布

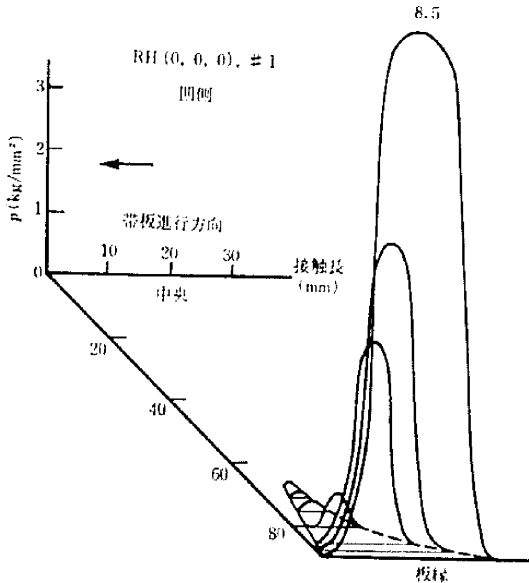


図 15 接触圧力分布

る。進行方向の圧力分布は図 14 に示すような形であると仮定し、ピークの生じる位置は長手方向接触長さの中心点であるとしてある。結果の一例を図 15, 16 に示す。

(f) 成形トルクとの関係

実等周速半径、実測トルクおよび上で得た幅方向接触荷重分布を用いて、幅方向に一定と考えた摩擦係数  $\mu$  を求めると  $\mu=0.14\sim 0.18$  の範囲内にある。この結果からも本報で示した方法でもかなり正確に接触荷重または接触圧力分布を測定することが可能であることがわかる。

4. ま と め

(a) ロールフォーミングのロール、素材間の接触圧力に関しては、単位幅当たりの接触荷重のさほど高くない

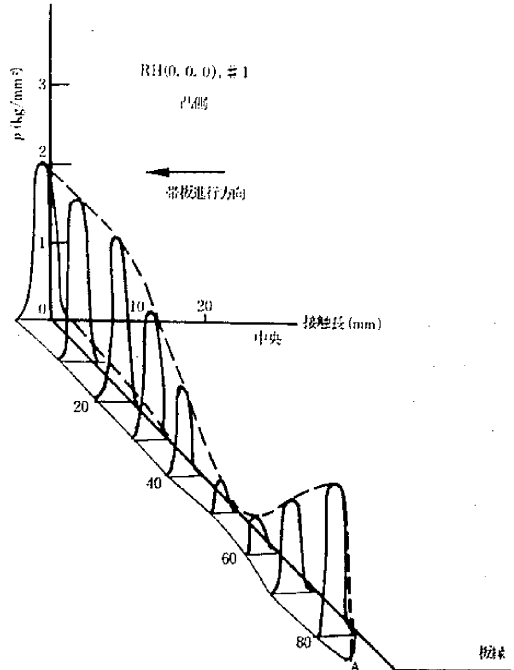


図 16 接触圧力分布

場合 (本実験の範囲でつぶれ量が 0.4 mm 以下程度)、本実験で行なった方法でかなり正確に求めることが可能である。

(b) 円弧形タンデム成形の場合、パスラインを極端に変えなければ各スタンドロール間の素材の拘束状態はあまり変化しない。

(c) 接触圧は予想した値よりかなり低く通常  $10 \text{ kg/mm}^2$  以下であると考えられる。

(1969 年 9 月 25 日受理)

参 考 文 献

- 1) 鈴木・木内他：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
- 2) 鈴木・木内他：ロールフォーミングに関する実験的研究 第 2, 3, 4, 5 報 第 19 回塑性加工連合講演会前刷集
- 3) 鈴木・木内他：ロールフォーミングに関する実験的研究 第 1 報「塑性と加工」Vol. 10, No. 97, 1969-2
- 4) 鈴木・木内他：ロールフォーミングに関する実験的研究 第 2 報「塑性と加工」Vol. 10, No. 98, 1969-3
- 5) 鈴木・木内他：ロールフォーミングに関する実験的研究 第 3 報「塑性と加工」Vol. 10, No. 102, 1969-7
- 6) 鈴木・木内他：ロールフォーミングに関する実験的研究 第 4 報「塑性と加工」Vol. 10, No. 102, 1969-7