

ロールフォーミングに関する実験的研究・第14報

— V形断面を有する製品の形状に関する検討 —

Experimental Study on Cold-Roll-Forming Process · 14th Report
— Investigation into Cross-Sectional Profile and Longitudinal
Shape of Product with V-type Cross-Section —

鈴木 弘*・木内 学*・中島 聡*・高田 研二*

Hiromu SUZUKI, Manabu KIUCHI, Satoshi NAKAJIMA and Kenji TAKADA

1. ま え が き

ロールフォーミング加工によって成形される製品の断面形状のうち、最も基本的なものの一つであるV形断面に関しては、その形状を適確に評価する指標が未だ確立されていない。本報ではこのV形断面の形成に関し、ロール高さ RH ・板厚 t ・板巾 $2b$ などの基礎的な成形条件因子を変化させた場合のフランジ部・曲げ部の形状をそれぞれ別個に細かく検討し、断面形状の総合的評価について考察した結果を報告する。

2. 実験方法および実験条件

実験は単スタンドおよびタンデム成形で行ない、図1に使用したロールの形状および寸法を示す。素材材質はSS41相当ミルスケール付熱延板で矯正済み、板厚 $t=3.0, 1.5\text{mm}$ 、板巾 $2b=94, 80, 60\text{mm}$ である。成形速度は 30m/min 、無潤滑、スタンド間隔は 400mm 、圧下方法は定クリアランス方式でロールクリアランス $RC=t$ としてある。ロール高さ $RH_i (i=1\sim 3)=30, 0, -20\text{mm}$ と変化させ、ガイドロールおよび各スタンドの凸ロール先端が水平な直線上にある場合を基準パスライン ($RH_i=0: i=1\sim 3$) とする。 $RH_i=i$ を変化させる場合には、 $RH_j (j<i)=0$ の状態にセットしてある。

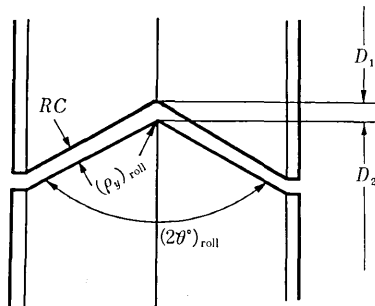


図1 ロールの形状・寸法

3. 製品形状の測定および表示の方法

図2に示す如く、製品外面の垂直変位を、三次元座標

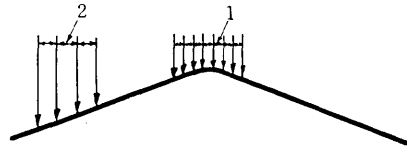


図2 断面形状の測定方法

測定機を用い、巾方向に一定間隔(曲げ部およびその近傍では 1mm 、フランジ部は 2mm)に測定する。その結果から断面の正確な拡大図(5倍)を描く。フランジ部に関してはこの図上でフランジ部に沿う基準線をひき、フランジ部各点の基準線からの変位を求め、その結果を変位方向100倍、巾方向5倍に拡大して表示する。曲げ部に関しては上述の測定結果より、巾方向の曲げ半径の局所的な変化を数値的に求め、その巾方向への分布状態 $R_w(y)$ を検討する。但し、 R_w は製品曲げ部の外半径を示す。

4. フランジ部の形状に関する測定結果および考察

1) $t=3.0\text{mm}$ の場合：一般に素材の対ロール進入角 $\alpha (=RH_i/\text{スタンド間隔})$ を変化させると製品の長手方向そり曲率 $1/\rho_x$ は規則的に変化するが、その正(くら形)・負(なべ底形)にともなって、フランジ部は内に凹・外に凸となる傾向を示す。図3(A)~(C)の測定結果にもこの傾向が明瞭に現われている。但し凹凸の絶対値は高々 0.15mm 程度である。またこの傾向は曲げが進行する程、 $2b/t$ が大となる程顕著になる。

これらの結果は、成形過程においてフランジ部に発生する巾方向曲げ歪 e_{yb} の推移(図4参照)、上・下ロールと素材間の接触圧力の分布形態のパスラインによる変化(図5参照)、ロール通過後製品に残留する e_{yb} の巾方向分布(図6参照)等の測定結果ともよく対応している。

$2b/t$ が小さい場合にフランジ部形状に対する RH_i の影響が減少するのは、フランジ部の各点間の変形径路の差異が減少すること、接触圧力分布が長手方向・幅方向に単純化すること等によるものと考えられる。

2) $t=1.5\text{mm}$ の場合：測定例を図3(D)に示す。

* 東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報

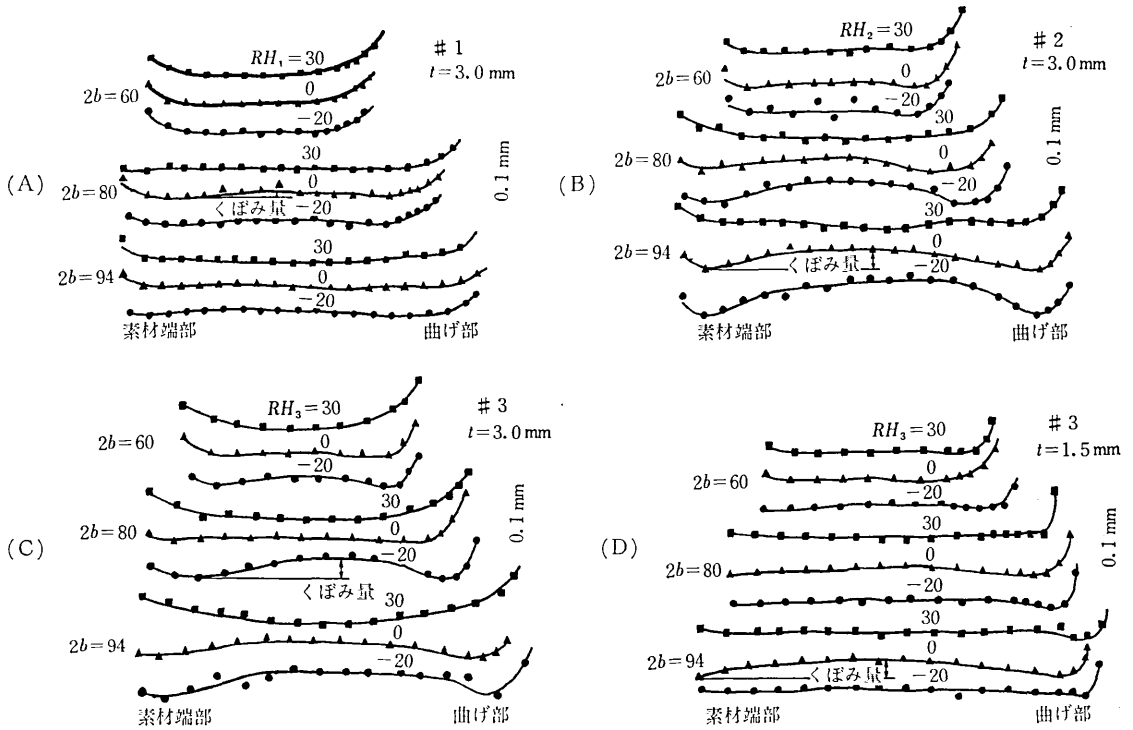


図3 板幅 $2b$ ・ロール高さ RH ; がフランジの形状に与える影響 ($2b \cdot RH$ ・板厚 t の単位は mm)

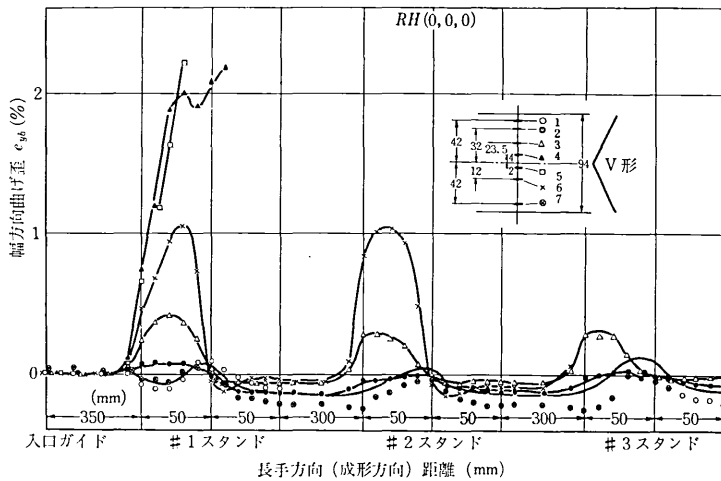


図4 幅方向曲げ歪 e_{yb} の推移

この場合 ($2b/t=30\sim60$) にも $t=3.0$ mm の場合と同様の傾向が認められる。但し単スタンド成形およびタンデム成形共に $2b/t$ が小の場合には、ロール進入角 α によらずフランジ部は内に凹の形状を示すことが多い。

5. 曲げ部の形状に関する測定結果および考察

1) $t=3.0$ mm, 凸ロール先端曲げ半径 $(\rho_v)_{roll}=3.0$ mm, 曲げ設計外半径 $R_d=6.0$ mm の場合:

単スタンド成形 ($(2\theta_1)_{roll}=150^\circ$) では、 $R_w(y)$ にはかなりバラツキがあり、 $R_w(y)$ に対する $RH_1 \cdot 2b$ の影響は明瞭ではない。但し、設計上の曲げ部に隣接するかなりの領域が巾方向に曲げられており、その結果、曲げ部自体は相当量スプリングバックしているにもかかわらず、左右フランジの平均的交角はみかけ上オーバーバンドとなっている (図7 (A) 参照)。

#1~#2 タンデム成形 ($(2\theta_2)_{roll}=120^\circ$) では、 $R_w(y)$

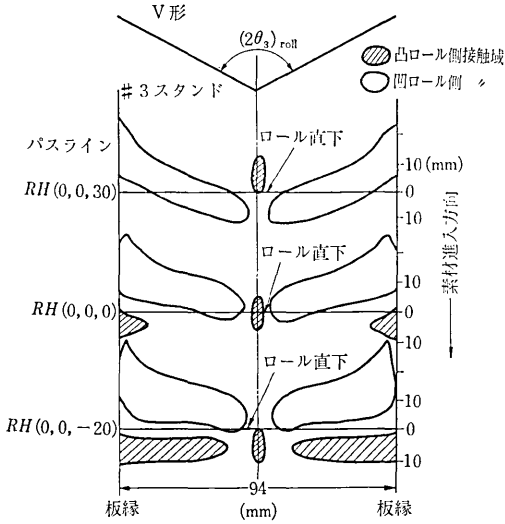


図 5 ロール高さ RH_3 がロール・材料間の接触領域に与える影響

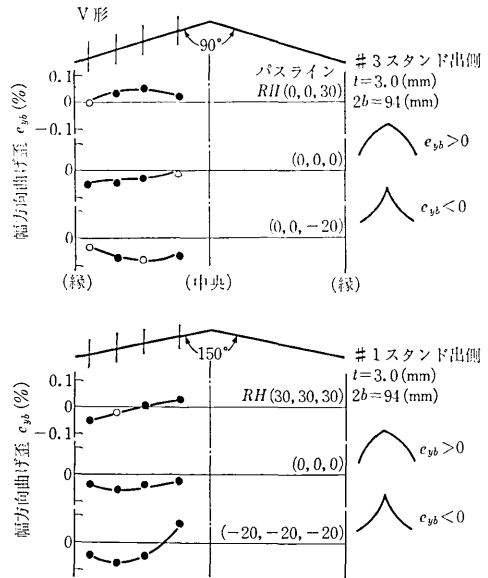
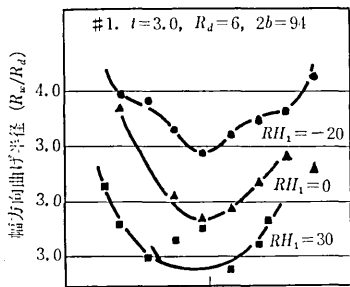
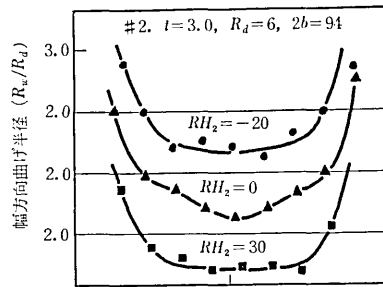


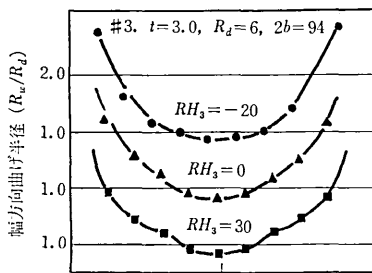
図 6 ロール高さ RH_i が幅方向曲げ歪 e_{yb} の幅方向分布に与える影響



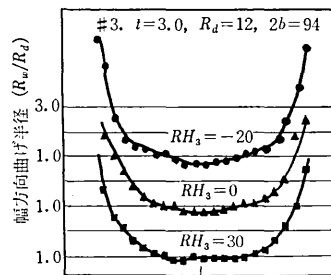
(A)



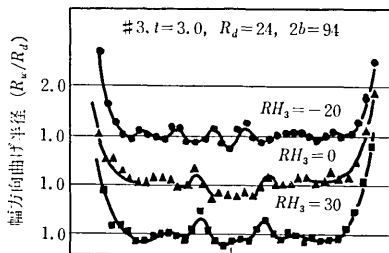
(B)



(C)



(D)



曲げ部中央

(E)

(図中の単位: mm)

図 7 曲げ部の曲げ半径分布に与えるロール高さ RH_i ・ロール先端半径 $(\rho_y)_{roll}$ (R_d = 設計外半径)・曲げ角 $(2\theta_i)_{roll}$ の影響

研究速報

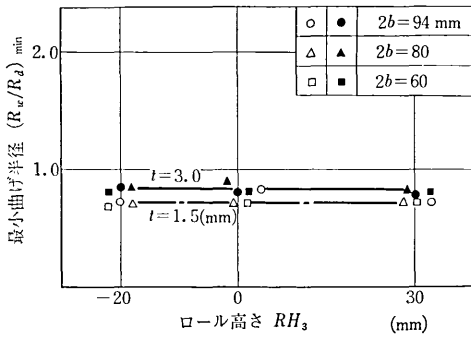


図8 ロール高さ RH_3 が製品の曲げ半径 $(R_w)_{\min}$ に与える影響 ($(2\theta)_{roll}=90^\circ$, $R_d=6.0$ mm)

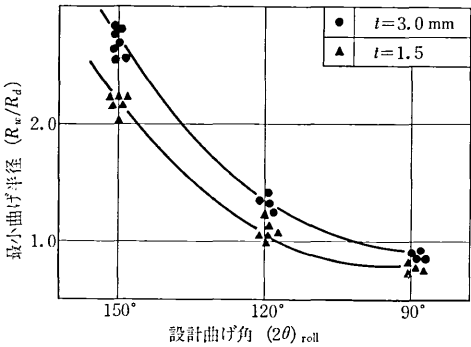


図9 設計曲げ角 $(2\theta)_{roll}$ が製品の曲げ半径 $(R_w)_{\min}$ に与える影響 ($R_d=6\sim 24$ mm, $2b=94$ mm)

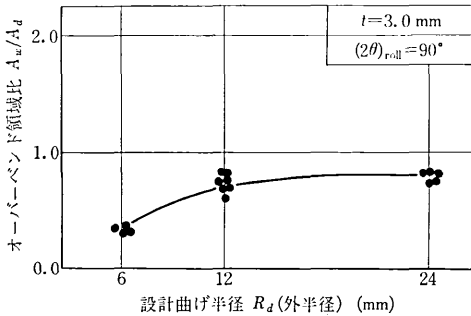


図10 設計曲げ半径 R_d が製品曲げ部のオーバーバンド領域 A_w に与える影響 ($2b=94$ mm)

に対する RH_2 の影響が多少あらわれている (図7 (B) 参照). 但し, 最小曲げ半径 $(R_w)_{\min}$ は $RH_2 \cdot 2b$ の影響をほとんど受かず, 設計値 R_d より大であるが, この場合も左右フランジの平均的交角はみかけ上オーバーバンドとなっている.

#1~#3 タンデム成形 ($(2\theta_3)_{roll}=90^\circ$) の場合も, $R_w(y)$ に対する RH_3 の影響が多少みられる (図7 (C) 参照). $(R_w)_{\min}$ は $RH_3 \cdot 2b$ によらず R_d よりも小さくオーバーバンドとなっている (図8 参照). このオーバーバンド領域の中 A_w は設計上の曲げ部中 A_d の 1/2 程度となっている (図10 参照).

2) $t=3.0$ mm, $(\rho_y)_{roll}=9.0$ mm, $R_d=12.0$ mm の場合:

#1~#3 タンデム成形 ($(2\theta_3)_{roll}=90^\circ$) では, $R_w(y)$ は RH_3 の影響を受け, 分布パターンに多少の差異がみられる (図7 (D) 参照). $(R_w)_{\min}$ は 9 mm となり R_d ($=12$ mm) に比してオーバーバンドとなっている. このオーバーバンド域は設計曲げ部中の 70~80% に達している (図10 参照). また曲げ部に隣接するかなりの領域が巾方向に相当程度曲げられている. $2b$ の減少と共に $R_w(y)$ の分布パターンは円弧状になる.

3) $t=3.0$ mm, $(\rho_y)_{roll}=21.0$ mm, $R_d=24.0$ mm の場合:

#1~#3 タンデム成形 ($(2\theta_3)_{roll}=90^\circ$) では, $R_w(y)$ に対する RH_3 の影響はかなり認められる (図7 (E) 参照). この場合曲げ部に細かい波状の $R_w(y)$ の変化がみられる. $(R_w)_{\min}$ は R_d よりも小さく, オーバーバンド域は設計曲げ部の約 80% に達している (図10 参照).

4) $t=1.5$ mm, $(\rho_y)_{roll}=3.0$ mm, $R_d=6.0$ mm の場合:

$RH_i \cdot 2b$ が $R_w(y)$ に与える影響は明瞭ではない. この場合, $t=3.0$ mm の場合に比較し, 曲げ角が浅い段階で R_w がオーバーバンド側へ移行する. これは $2b/t$ の増大による膜歪の増大, t 減小にともなう長手方向曲げ剛性の減少にもとづく素材の対ロール進入径路の変化などによるものと考えられる.

6. ま と め

以上の結果, V形断面を有する製品に関し, 1)長手方向そりとフランジ部形状には明瞭な対応関係が認められること, 2)曲げ部の形状については, 曲げ設計外半径 R_d が小さい場合, $2b \cdot RH_i$ の影響は小さいが, $(2\theta_i)_{roll}$ の影響は比較的大きく, $(2\theta_i)_{roll}$ が或る値より大きいと $R_d > (R_w)_{\min}$ (R_w : 製品曲げ部の外半径) となり, オーバーバンドとなること (図9 参照), 3) R_d が大きくなると $R_w(y)$ のパターンが複雑化すること, などが判明した.

これらの結果は, V形断面以外の角形断面の成形の場合もほぼ成立するものと考えられるが, 素材材質の影響については未だ不明である.

さらに, V形断面の形状および成形度の評価は, フランジ部と曲げ部およびその近傍について分離して考えるべきことがはっきりした. (1972年10月24日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内: ロールフォーミングに関する解析的研究, 第1報, 塑性と加工, Vol. 10, No. 104
- 2) 木内: ロールフォーミングに関する解析的研究, 第2報, 塑性と加工, Vol. 10, No. 104
- 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
- 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
- 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10報, 塑性と加工, Vol. 13, No. 138