

ロールフォーミングに関する実験的研究 第1報

—基本的断面形状に関する実験 (1)—

Experimental Study on Cold Roll Forming 1
—Experiments on Fundamental Forming Sections (1)—

鈴木 弘・木内 学・中島 聡

Hiromu SUZUKI, Manabu KIUCHI and Satoshi NAKAJIMA

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は、円弧形、V形、台形等があるが、なかでも最も基礎的なものであり利用ひん度も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。本報においては一連の研究のうちから単スタンド成形の場合について述べる。

2. 実験方法

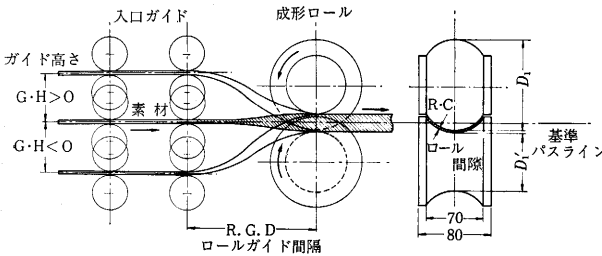


図1 単スタンド成形実験概略図

1組の円弧形ロールと入口ガイドロールを図1のように配置し、左から素材の平フープをそう入し円弧形半開断面の製品を得る。実験条件は次のとおりである。

①成形ロール：曲げ半径 $(\rho_s)_{Roll} = 60 \cdot 50 \cdot 40$ mm, 設計ロール間隙 $RC = 0.8$ mm, ロール径 $D_1 = 150.4 \sim 120.4$ mm, $D_1' = 157.2 \sim 97.2$ mm, 上下ロール基準軸間距離 = 140.0 mm。

②素材：C 0.1%以下の軟鋼板, 板幅 $2b = 70$ mm, 板厚 $t = 0.4 \sim 1.2$ mm, 板長 = 1.0 ~ 1.8 m, 平板。

③成形速度：設計値 1.32 m/min・上下軸直結駆動方式。

④压下調整：定クリアランス方式, 設定 $RC = 0.4 \sim 1.5$ mm, プロフィール底部で調整。

⑤ガイド位置：RGD = 270 ~ 460 mm, GH = -100 ~ +60 mm。

上記の条件下で得た製品の長手方向のそりと断面各部の曲げ半径の分布の両要素で形状を示し、また一部の成形条件については成形過程で素材に発生するひずみ分布とその推移とを測定し、得られた製品形状と成形条件との関係について考察した。

3. 実験結果ならびに考察

(1) 成形条件因子が製品の長手方向のそりの曲率 $(1/\rho_x)$ に及

ぼす影響

入口ガイド位置すなわち素材の対ロール進入径路に対する $(1/\rho_x)$ の変化の測定例を図2~4に示す。横軸には素材のみかけの対ロール進入角 $\alpha = GH/RGD$ をと

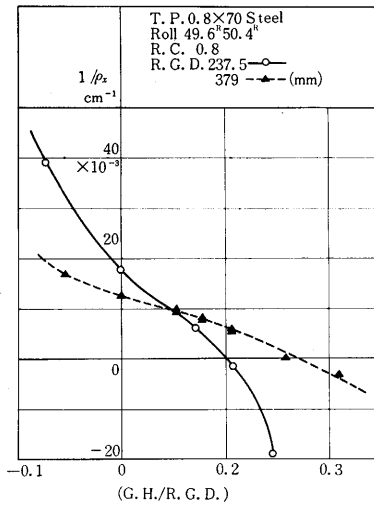


図2 入口ガイド位置が長手方向のそりの曲率に与える影響

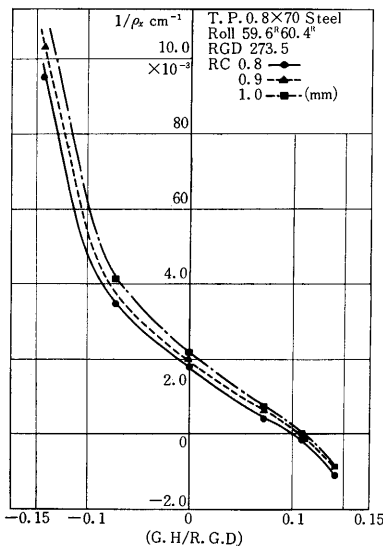


図3 ロールクリアランスが長手方向そりの曲率に与える影響

り、 $(1/\rho_x)$ の符号は鞍形のそりを(+)としてある。一般に α が(-)から(+)へ変化するに従い $(1/\rho_x)$ は(+)から(-)へ単調に減少していく。

ただし、この傾向は $(2b)/(\rho_s)_{Roll}$ の値により異なり、この比が大きくなると α に対する $1/\rho_x$ の変化傾向が逆転する。 α が一定でもRGDが大となるに従い、素材の対ロール進入径路に対する入口ガイドの束縛が相対的に弱まり、GHによる $1/\rho_x$ の変化量が少なくなる。RCが $1/\rho_x$ に与える影響は α および上下ロ

ール径と関連して複雑であり、 $|\alpha|$ が小なるときは RC の影響は少ない。上下ロール径が等しいか、ないしは凹ロール径が大きい範囲では RC 増大とともに α に対する $1/\rho_x$ の曲線は全体的に上方へ移行し、凸ロール径が極端に大きい場合は下方へ移行する。RC が t より小さく過大な圧下力が作用すると表面キズや振れが発生しロール成形本来の目的からはずれてくる。 t が大きくなると α に対する $1/\rho_x$ の変化が激しくなり、 $2b$ が小さいほど $1/\rho_x$ は増大する。したがって素材形状を示す因子 $2b/t$ が小さくなるほど製品はそりやすくなる。

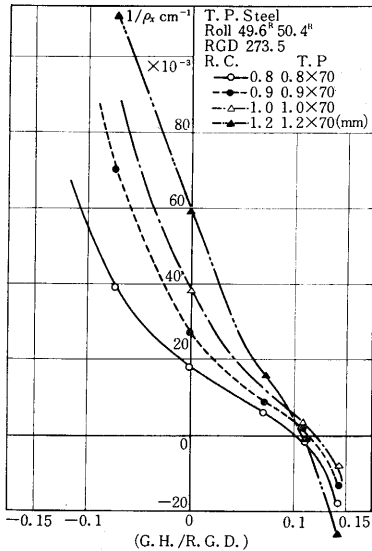


図 4 板厚が長手方向の曲率に与える影響

全体的にみて長手方向のそりは $2b/t \cdot 2b/(\rho_y)_{\text{Roll}} \cdot \alpha$ の 3 因子により支配的影響を受けるが、実際作業では前 2 者が規定されているので α すなわち素材の対ロール進入径路により決定的に支配される。

(2) 成形条件因子が製品の幅方向曲げ半径 ρ_y の分布に及ぼす影響

製品の断面形状は一様な円弧とはならず、 ρ_y は幅方向に実験条件に特有の分布を示す。図 5, 6 に GH・RC に対する ρ_y の分布変化の例を示す。この結果からも製品断面には成形度の局所的な不良があることがわかる。GH は ρ_y の分布形態自体に大きな影響を与え、素材の中間部から縁部にかけての成形度の良否が大幅に左右される。 ρ_y の分布が幅方向に比較的一様になる GH の値で、長手方向にも真直に近くなる。RC および t を変えても ρ_y の分布形態は本質的に変化せず、ただ RC の増大とともに ρ_y の変動が極端に大きくなり形状は悪化する。 α を一定に保ち RGD を増大させると ρ_y の分布は均一化するが、これは素材の対ロール進入径路に対する入口ガイドの束縛が相対的に弱まるためと考えられる。

全体的にみて製品の断面形状は、素材の進入径路と成形ロールから受ける束縛の形態と強さにより支配される。すなわち進入径路により規定される素材の変形と付

Roll NO : N-3 59.6°60.4°
R. G. D : 237.5mm
R. C : 0.8mm
T. P : Steel 0.8×70mm

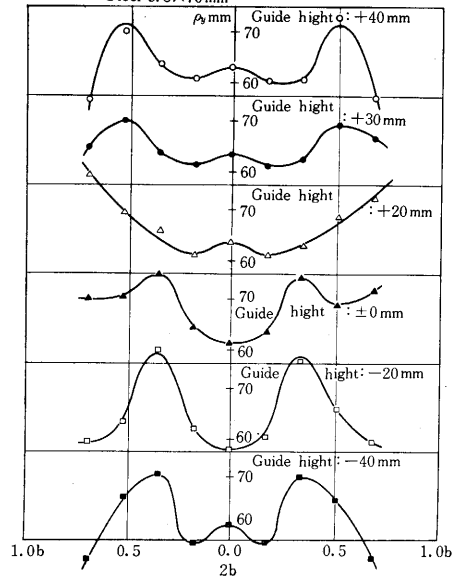


図 5 入口ガイド位置が幅方向曲率分布に与える影響

Roll NO : N-3:59.6°60.4°
R. G. D : 237.5mm
G. H : ±0mm
T. P : Steel 0.8×70mm

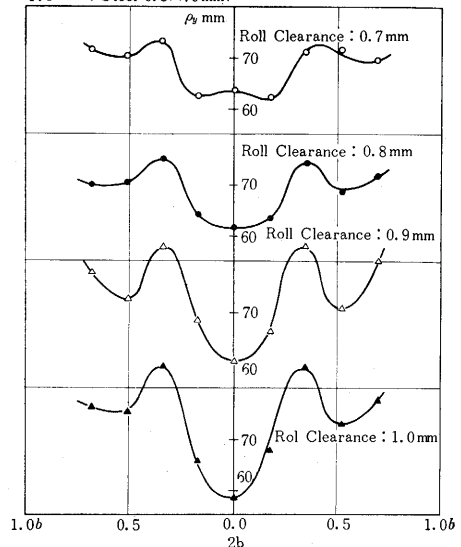


図 6 RC が幅方向曲率分布に与える影響

加的ひずみ状態およびロールから受ける接触圧の両者が、ロールフォーミング本来の目的である幅方向の曲げ変形に本質的な影響を与え、製品形状を支配すると考えられる。

(3) 成形過程における素材のひずみ分布の推移

成形過程における素材の表面ひずみの推移の測定例を図 7 に示す。縦軸にひずみ、横軸にロール軸心から測定

研 究 速 報

点までの距離を示す。この結果からもわかるように素材はロール直前において急激な変形を受ける。表面ひずみの測定値から素材長手 (x 方向), 幅 (y 方向) の伸びひずみ・圧縮ひずみ・曲げひずみのロール直前における分布状態を知ることができる。 $\alpha=0.17$ の場合の測定例を図 8 に示す。長手方向の伸びひずみ e_{xx} に関しては α が (+) から (-) へ変化するに従い縁部の伸びひずみは次第に大きくなり, 中央部の伸びひずみは圧縮ひずみへと変化する。長手方向曲げひずみ e_{xb} の分布から素材が局部的に凹・凸いずれのロールになじむかという事実およびそれが進入径路によって受ける影響を知り, 幅方向のひずみについても同様の関係を知り得る。ロール直前におけるこれらのひずみ分布は, ロールフォーミングの特質

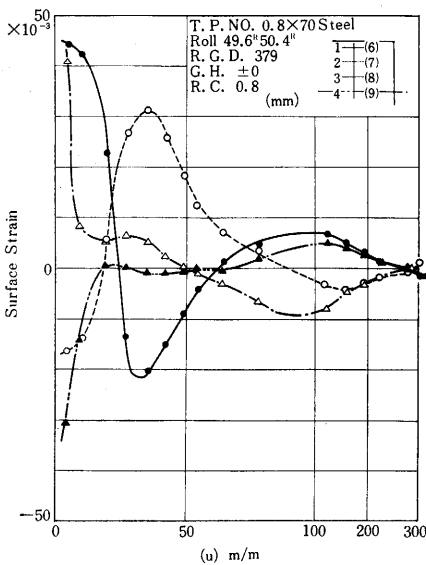


図 7 長手方向表面ひずみの推移

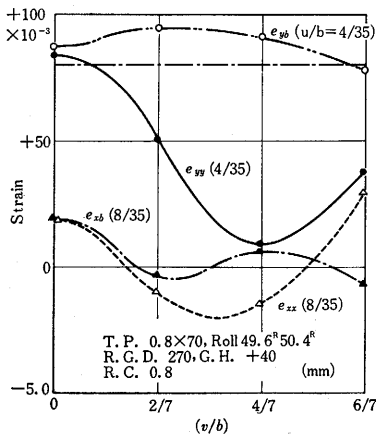


図 8 ロール直前における各ひずみ成分の分布

握できる。

2); RGD・GH は (A) の主要因子であり, $2b \cdot t$ は (B) の主要因子である。

3); (A)(B) は付加的ひずみ成分を規定することにより $1/\rho_x$ を支配するが, ひずみ成分 $e_{xx} \cdot e_{xb}$ のうち e_{xx} は (A) に大きく影響され e_{xb} は (B) に強く依存する。

4); α が (+) から (-) へ変化すると中央部から縁部へかけて e_{xb} の変化は激しくなり, $e_{xb} > 0$ の領域が大となって $\rho_x > 0$ に寄与する。同時に中央部の e_{xx} は伸びひずみから圧縮ひずみに転じ $\rho_x < 0$ から $\rho_x > 0$ へ変わる。

5); $2bt \cdot 2b/(\rho_y)_{Roll}$ が大きくなるにしたがって e_{xx} の影響の度合いが大きくなる。

6); (A)(B) すなわち $e_{xx} \cdot e_{xb}$ の分布形態に本質的影響を与えない条件因子は $1/\rho_x$ の検討に際して省略できる。

①; 円弧形成形においては, $e_{xx} \cdot e_{xb} \cdot e_{yy}$ 等の付加的ひずみが断面成形のための曲げ変形に影響し, 成形後の弾性回復が局部的に異なるため断面形状は一様な円弧形とならない。

②; 断面形状が各種付加的ひずみから大きな影響を受けることから, 断面形状に対する各条件因子の影響は, (A) 素材の対ロール進入径路すなわちロール直前における素材のひずみ状態・(B) 素材に対するロールの束縛形態と強さに集約して検討できる。

③; 全体的にみて $e_{xx} \cdot e_{yy}$ の絶対値の大きい部分は弾性回復が少なく成形度は良好である。

④; e_{xb} に関しては $e_{xb} < 0$ (曲げ中心が板の同一側) ではほとんど影響がなく; $e_{xb} > 0$ (曲げ中心が板の反対側) では影響が複雑であるが弾性回復量減少の方向に作用する。

⑤; GH が ρ_y の分布形態自体を変化させるのは, (A) の進入径路による付加的ひずみ成分の分布の変化と十分良く対応している。

⑥; ロールと素材間の接触圧分布は断面形状に大きな影響を与えると考えられるが, 現在までに有効な測定方法はない。

以上本実験では円弧単スタンドの成形に関して各条件因子が製品形状に与える影響を明らかにし, 素材に生じるひずみ分布の測定を通じて付加的ひずみ成分が断面成形の曲げ変形に本質的に結びついている事実を示した。また各ひずみ成分の分布状態を規定するのが (A) 素材の対ロール進入径路 (B) ロールによる束縛形態であること, したがって各条件因子の影響はこのような見地から統一的に理解できることを示した。

(1968年4月24日受理)

として断面成形のための幅方向曲げ変形に必然的に付加するものであり, それに本質的影響を与える。したがって得られる製品形状とこれらのひずみ成分との分布状態とは密接な関係がある。

(4) まとめ

1); 長手方向そりの曲率 $1/\rho_x$ に対する各条件因子の影響は, (A) 素材の対ロール進入径路 (B) ロールの素材に対する束縛の形態とに集約して把