

広幅断面のロール成形に関する実験的研究 第1報

—成形条件が製品形状に与える影響(1)—

Experimental Study on Cold Roll Forming of Wide Profiles of Cross-Sections · 1st Report
—The Effects of Process Variables on Shape of the Product—

鈴木 弘*・木内 学*・木村 紘*

Hiromu SUZUKI, Manabu KIUCHI and Hiroshi KIMURA

1. まえがき

ロールフォーミングに関する一連の実験的研究として基本的断面形状である円弧形、V形、台形に関する実験が進められてきた。ロールフォーミングにおいて、広幅断面形状はこれら基本的断面形状と同様に、重要な意義を持っている。本報においては広幅断面形状に関する実験的研究の第1報として、円弧の連なった形状および円弧と直線の連なった形状について、単スタンド成形実験を行ない、各種成形条件と製品形状の関係を検討したので報告する。

2. 実験条件

成形ロール、入口ガイドを図1のように配置し、左方より素材平板を挿入する。素材はガイドによって幅方向、上下方向の位置が規定され、ロールに至って成形が行なわれる。実験条件の概略を次に示す。

(1) 成形ロールおよび製品断面形状：本実験で使用した成形ロールを図2に、成形した製品断面形状を図3に示す。

(2) 素材：市販アルミニウム第3種のH材（耐力17.4 kg/mm²）、H/2材（耐力14.4 kg/mm²）、O材（耐力2.6 kg/mm²）である。板幅は（40～200）mm、板厚は1.0 mm、板の長さは1 mである。

(3) 成形機：上下軸直結駆動方式で、成形速度は約3 m/min. である。

(4) 圧下調整：定クリアランス方式を用いた。

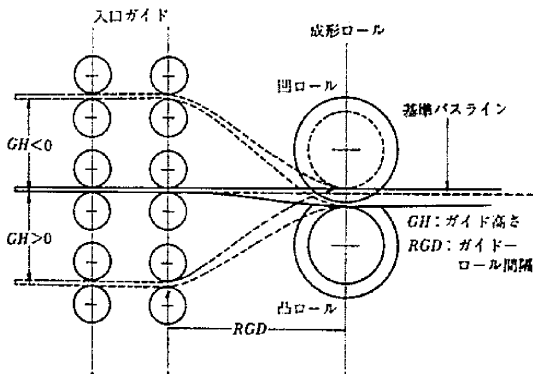
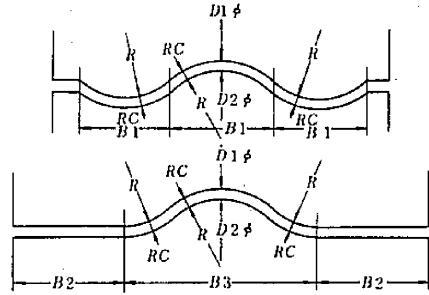


図1 実験装置概略図



ロール寸法 (mm)

R	RC	D1	D2	B1	B2	B3
69.5	1.0	173.0	185.0	40.0	60.0	80.0
49.5	1.0	169.6	188.4	39.4	60.6	78.8

図2 ロール形状

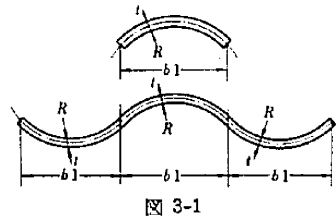


図3-1

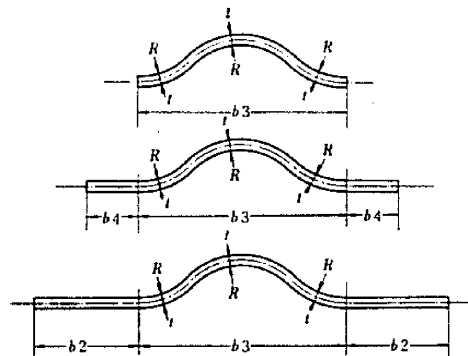


図3-2

製品寸法 (mm)

R	t	b1	b2	b3	b4
69.5	1.0	40.0	60.0	80.0	20.0
49.5	1.0	39.4	60.6	78.8	20.6

図3 製品断面形状

* 東京大学生産技術研究所 第2部

(5) パスライン：ロールガイド間隔 RGD は 300 mm，ガイド高さ GH は (-38~42) mm 間で 5 段階に変化させた。なお，ガイドと下ロール円弧頂点が水平な一直線上にあるときを基準パスラインとした。

上記の各種条件下で成形実験を行ない，得られた製品の形状を測定する。実験結果の整理にあたっては，図 3-1 に示す単純な円弧と円弧の連なった形状の場合および図 3-2 に示す円弧の両側のフランジ部の幅を広げていった場合に分けて，製品形状が各種条件によってどのように変わるかに注目する。製品形状は長手方向に対しては全体的形状因子の長手方向そり曲率 $1/\rho_x$ で評価する。幅方向に対しては，円弧部については部分的形状因子の断面各部の成形度 $f = \rho_v'/\rho_v$ (ρ_v' ：製品の幅方向曲率半径， ρ_v ：ロールプロフィルの曲率半径) で，直線部については水平線よりのはね上がり量 Δh で評価する。

3. 実験結果ならびに考察

実験結果の整理と考察にあたって，下記の記号を用い

る。 $\alpha = GH/RGD$ ：対ロール進入角で，下ロール側から板が進入する場合を正とする。 $1/\rho_x$ ：製品の長手方向そり曲率で，下に凸の形状の場合を正とする。 $f = \rho_v'/\rho_v$ ：断面各部の幅方向成形度。 Δh ：製品直線部のはね上がり量で，上方にはね上がる場合を正とする。

3-1 円弧および円弧の連なった形状

1) 長手方向そり曲率： $1/\rho_x$

図 4, 5 に α に対する $1/\rho_x$ の変化を示す。総じて，円弧の連なった形状の場合にも単純円弧の場合と同じように， α が正（下ロール側から素材が進入）から負に変わると $1/\rho_x$ が負（上に凸の形状）から正に変わる。次に材質の差についてみると，軟質材ほど α に対する $1/\rho_x$ の変化が大きい。これは軟質材ほど変形抵抗が小さく α の変化による対ロール進入経路の変化をうけやすいこと，また硬化性が大きいため，変形が局部に集中せずに広い領域に拡散する結果， α の変化によって長手方向膜歪の幅方向分布形態の全体的変動を起こすこと，弾性回復量の少ないことなどによるであろう。単純円弧と円弧の連なった形状の場合を比較すると後者の場合の方がそりが小さい。一般に， $1/\rho_x$ は長手方向膜歪の幅方向分布の偏りの程度と長手方向曲げ剛性のバランスの上で決定される。この場合には曲げ剛性の増大が支配的なため，そりが小さくなったのであろう。

2) 幅方向形状：f

f の幅方向分布について図 6, 7 に示す。まず，単純円弧の場合についてみると $\alpha = 0$ では成形度は幅方向にみて，中央部が良好で端部に向うほど悪化する。 $\alpha > 0$ で増大すると端部成形度がさらに悪化する。 $\alpha < 0$ で減少すると，H材では f の極大値が現われて端部成形度がいく分改善される。この現象は既報において長手方向に付加的歪が加わるためと説明された。一般に，素材の曲げ方向に，またはそれに直角方向に付加的な伸び歪または，圧縮歪が加わると弾性回復量が減少し，成形度が改善されることが解析結果より判明している。 $\alpha > 0$ の場合もさらに大きくなれば，端部成形度が改善されることが期待される。図中の破線は付加的歪を 0 と仮定した単純曲げの場合である。ほとんどの場合，f の実測値は計算値より小さくなっている。これは付加的歪の効果によるものと思われる。次に，調質度の差をみると，軟質材ほど f が小さくなっている。これは弾性回復量が小さいためである。次に， $\rho_v = 50$ の場合と $\rho_v = 70$ の場合を比較すると $\rho_v = 70$ の場合の方が f が大である。これも弾性回復量の差として説明される。次に，円弧が連なった形状の場合について述べる。円弧と円弧のつなぎ目である板幅が 20 mm の変曲点において，f は不連続になる。f の分布をみると，いずれの場合も変曲点近傍と端部にお

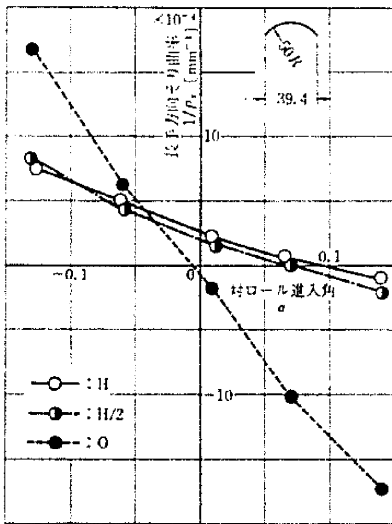


図 4 α と $1/\rho_x$

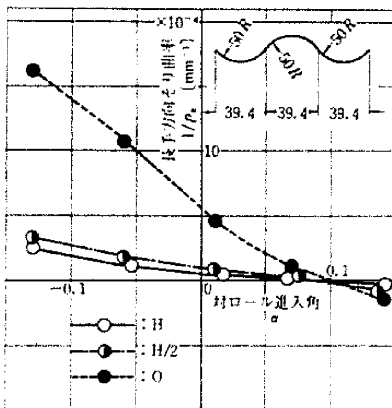


図 5 α と $1/\rho_x$

研究速報

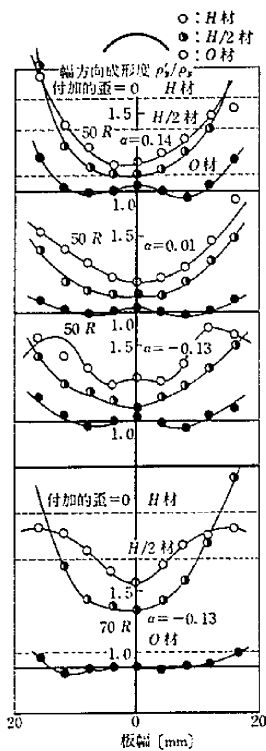


図6 幅方向形状

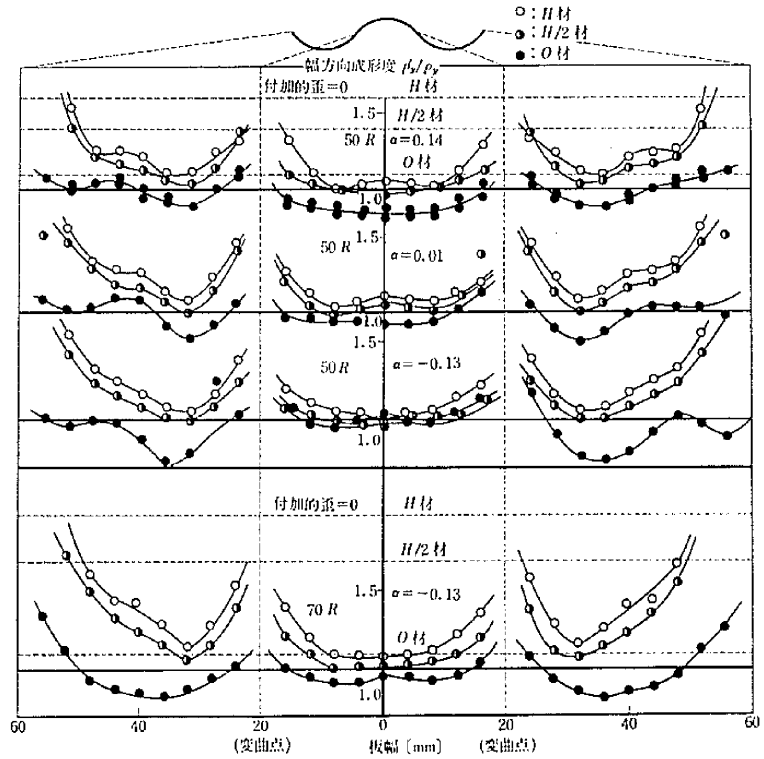


図7 幅方向形状

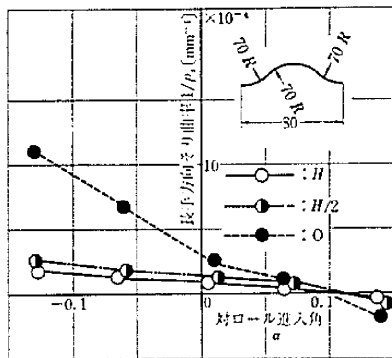


図8 α と $1/\rho_x$

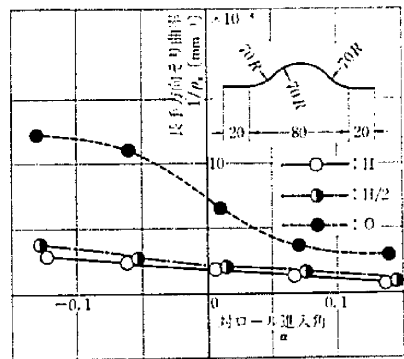


図9 α と $1/\rho_x$

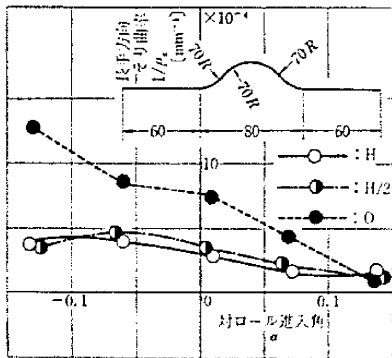


図10 α と $1/\rho_x$

いて大きくなっている。 α が変わると H 材、 H/2 材では f の分布曲線に大差はないが O 材では端部円弧において f は独特の変化をする。また、中央部円弧においては $\alpha < 0$ になると $|f|$ が小さくなる。調質度の差についてみると軟質になるほど f が小さく、特に O 材ではオーバーバンドになっている。次に、 $\rho_v = 50$ の場合と $\rho_v = 70$ の場合を比較すると、 O 材の場合には端部円弧において f の分布曲線は非常に異なる。 H 材、 H/2 材において、総じて $\rho_v = 70$ の場合の方が f が大きいのは弾性回復量の差によるものであろう。

3-2 円弧と直線の連なった形状

1) 長手方向そり曲率: $1/\rho_x$

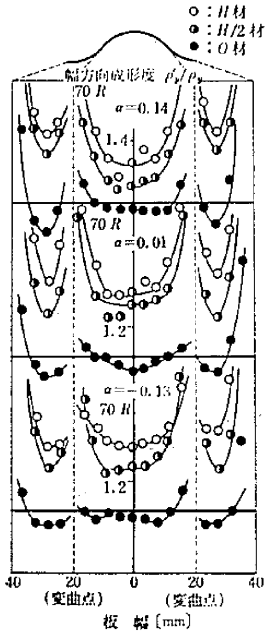


図 11 幅方向形状

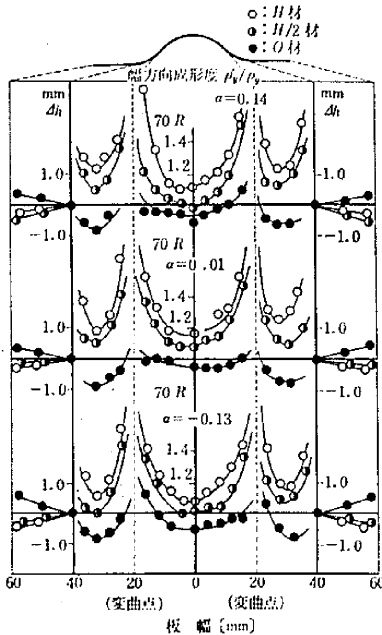


図 12 幅方向形状

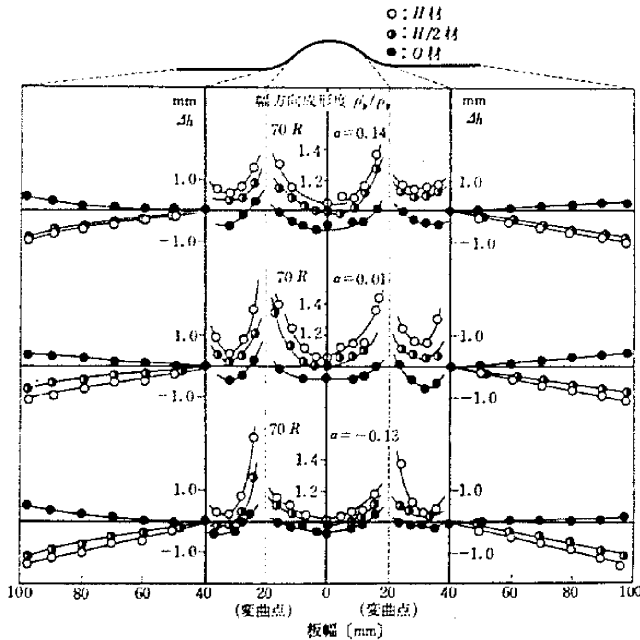


図 13 幅方向形状

図 8, 9, 10 に α に対する $1/\rho_x$ の変化を示す。 α および調質度が $1/\rho_x$ に与える影響は、基本的断面形状の場合と同じである。フランジ幅を広げていったときの影響をみると幅の広い場合の方がそりが大きい。フランジ幅が広がると曲げ剛性は増大するが逆に、長手方向膜歪の幅方向不均一を促すことにもなる。 $1/\rho_x$ は両者のバランスの上に決定されるが、この場合には後者が支配的になるため $1/\rho_x$ が大きくなるのであろう。

2) 幅方向形状

幅方向形状について図 11, 12, 13 に示す。図において板幅が 40 mm までの円弧部に対しては、形状は $f = \rho_v'/\rho_v$ で、40 mm より外側の直線部に対しては、 Δh で示す。まず、円弧部についてみるといずれの場合も変曲点近傍および端部において成形度が悪化している。また、O 材ではオーバーバンド気味になっている。次に、直線部についてみると O 材では $\Delta h > 0$ 、H 材、H/2 材では $\Delta h < 0$ となっている。これは円弧端部の弾性回復量と関係がある。すなわち、製品がロール直下の拘束から解放されたとき、円弧端部において O 材の様に、スプリングフォワードしてオーバーバンドになる場合は $\Delta h < 0$ 、スプリングバックするときは $\Delta h > 0$ となる。次に、フランジ幅の影響をみる。H 材、H/2 材の場合はフランジ幅が広がると、円弧部において f が減少する。これはフランジ幅が広がるほど、長手方向、幅方向の付加的歪が増大して弾性回復量を減少させるためと思われる。一方、直線部のはね上りの角度はフランジ幅の影響を受けない。O 材の場合はフランジ幅が広がると、はね上りの角度は小さくなるが一方、円弧部においては f は大差がない。

4. むすび

本報においては広幅断面形状として円弧の連なった形状および円弧と直線の連なった形状をとり上げ、各種成形条件が製品形状に与える影響について明らかにした。

(1969 年 9 月 25 日受理)