

異形管のロール成形に関する実験的研究 一第1報一

Experimental Study on Roll Forming Process of Non-Circular Pipe · 1st Report

—平ロール・45°ロールによる成形 (1)—
 —Roll Forming Process with Flat Roll and Square Roll (1)—

木内 学*・新谷 賢*・三浦 史明*・岩崎 利弘*
 Manabu KIUCHI · Ken SHINTANI · Fumiaki MIURA and Toshihiro IWASAKI

1. まえがき

ロールフォーミング加工により成形される管材としては、現在主として円管・角管が建築・土木構造用部材・各種配管用部材として広く用いられている。この分野の管材成形技術は、円管を対象とするものが主体であったが、近年に至り、角管・偏平管などの異形管の成形技術に対する関心が高まり、また現実的な必要性からも、この問題に関する基礎的・技術的研究が要求され始めた。

異形管の成形プロセスは大別して次の2種類に分けられる。(1)素材(板材)からロールフォーミング加工により直接異形管を成形する。(2)素材(板材)をロールフォーミング加工により円管に成形し、それを異形管に再成形する。本研究では、(2)の円管から異形管を再成形するプロセスを取り上げ、その成形過程における問題点の把握・成形中の素管の変形挙動や成形条件と製品形状の関係などを含む物理的諸現象を基礎的な面から検討することを目的としている。

本報ではその第1歩として、円管を素管とし、平ロール・円弧ロール・45°ロールを用い、偏平管および角

管の成形を行ない、成形過程における素管の変形挙動ならびに製品形状などに関して検討した結果について報告する。

2. 実験方法

実験方法の概略を図1に示す。素管は入口ガイドを通して成形ロールに至り、偏平管・角管に成形される。進入角・出口角とも水平な位置を基準パスラインとする。成形ロールの形状および寸法を図2に示す。圧下率($r\%$)はロール圧下量を素管外径(D)で割った値で示す。使用した素管の機械的性質および化学成分の規格値を表1(ただし、実際に使用した素管は完全焼鈍したものである。)に、実験条件をまとめて表2に示す。製品断面形状は先端より約400mmの位置の長手方向に垂直な横断面を三次元座標測定機を用いて測定した。

3. 製品断面形状の測定結果および考察

3.1 円周方向の曲率分布 ($1/\rho$)

製品の横断面形状の測定結果から三点法により、製品外表面曲率の円周方向分布を求めた。その一例を図

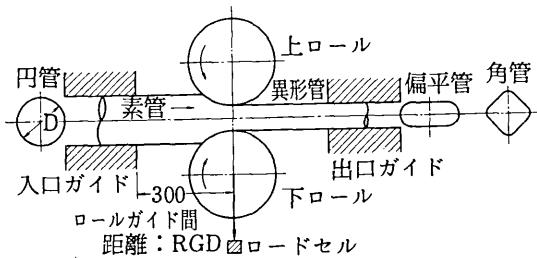


図1 成形機構概略図

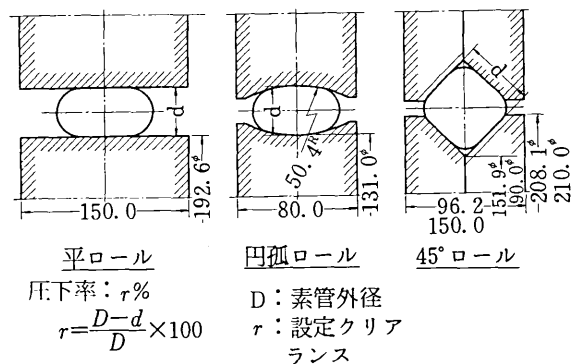


図2 成形ロールの形状および寸法

*東京大学生産技術研究所 第2部

表1. 素管の機械的性質および化学成分の規格値

素管	機械的性質			C %
	引張り強さ kg/mm ²	降伏点 kg/mm ²	伸び %	
STK-41	41以上	24以上	23以上	0.25以下
STKM-12B	40以上	28以上	25以上	0.20以下
Al	10以下	—	35	Al %
				99.5以上

表2. 実験条件

素管材質	STK-41 (一般構造用 炭素鋼鋼管)	STKM-12B (機械構造用 用炭素鋼鋼)	Al (アルミニウム 引抜管)
素管外径 (D)	25.4, 25.4, 48.6, 101.6mm	50.8mm	50mm
素管板厚 (t)	1.2, 2.0, 2.3, 3.2mm	2.7mm	1.5mm
素管長さ	1,000~1,500mm	1,000mm	1,500mm
圧下率 (r)	0→5→10→15%, 0→10%, (0→5→10→20→40%)		
駆動方式	上下軸直結駆動方式		
圧下調整	定クリアランス方式(厚みゲージにより設定)		
成形速度	約3m/min		
潤滑	なし		

3に示す. 曲率の正負は管断面の内側より見て形状が外に凸の場合を正, 逆の場合を負とする.

(i) 平ロールによる成形(円管から偏平管の成形)

ロール接触領域の中央部では, STK材・Al材ともに曲率は負となり, くぼみが発生していることが解る. 圧下率 (r) を増すと, 曲率の負の領域が円周方向に広がる.

ロール接触領域の肩部では, 曲率の極大値を示し, その位置は素管外径の変化に対し, ほぼ相似的に変わる.

ロール非接触領域 (r < 15%の範囲) では, 素管曲率よりもやや大きい曲率でほぼ様な分布を示すが, r を更に増やすとこの分布に偏りが発生すると考えられる.

同一の r において, 素管外径/板厚 (= D/t) が大きくなると, ロール接触領域の中央部の曲率は負方向に増大し, ロール接触領域の肩部の曲率は正方向に増大する.

(ii) 円弧ロールによる成形(円管から偏平管の成形)

[ロール曲率/素管曲率=0.5の場合]

ロール接触領域の曲率はロール曲率よりも小さくな

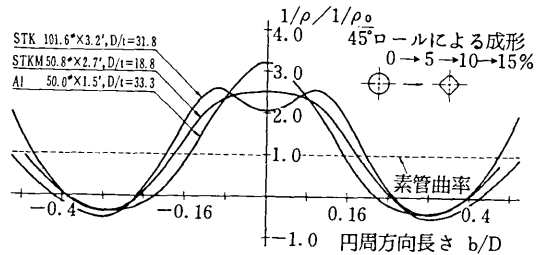
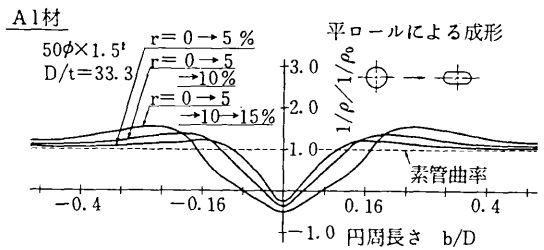
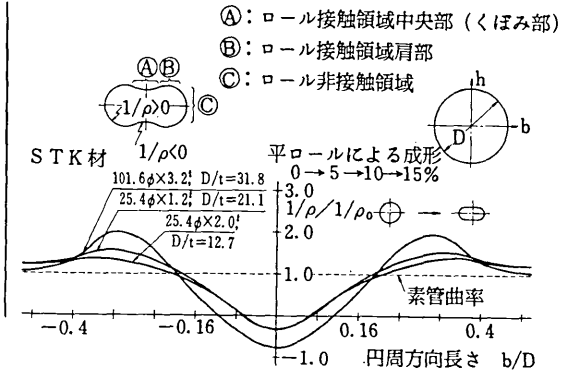


図3 製品外面の曲率分布

るが, 負にはならずくぼみは発生しない. 最小曲率は r が増してもほとんど変化せず, ほぼ一定の曲率のまま成形領域が円周方向へ広がる. ロール曲率を更小さくすると, ロール接触領域で 1/ρ = 0 すなわち, くぼみもふくらみも生じない平坦な断面が得られることが期待できる.

ロール接触領域の肩部で曲率は極大値を示し, その位置は r を増すと円周方向へ広がる傾向にある.

(iii) 45°ロールによる成形(円管から角管の成形)

ロール接触領域の中央部では, STK材・STKM材・Al材ともに曲率が負となり, くぼみが発生している. r を増すと曲率の負の領域が増える.

D/t が大きい場合, r によらずロール接触領域の肩部で, 曲率の極大値を示すのに対し, D/t が小さい場合,

研究速報

rが小さい範囲では、ロール非接触領域に曲率一定部が発生するが、rが大きくなるとロール非接触領域の中央部に曲率の極大値が現われる。つまりD/tが小さく、n値の大きいAl材の場合には、形状は短形に近くなり、D/tが大きく、n値の小さいSTK材の場合には、形状は八角形に近くなる傾向がある。

3.2. ロール接触領域幅 (L) とくぼみ領域幅 (l) の関係

ここでいうロール接触領域幅 (L) とは、曲率の極大値間の距離 (平ロール・円弧ロール), または曲率分布の最大傾斜点間の距離 (45°ロール) を意味し、くぼみ領域幅 (l) は表面変位の極大値間の距離を意味する。

図4はrがLに与える影響を示す。平ロールによる成形では、LはD/tが大きくなると減少するが、45°ロールによる成形では逆に増大する傾向にある。ただし、45°ロールに比して、平ロールによる成形の方がLの絶対値は大きい。

図5はrがlに与える影響を示す。平ロール・45°ロールによる成形ともrおよびD/tが大きくなるとlは大きくなる。

これらのごとから、平ロールによる成形の場合、D/t=大ではLが小さくlは大きい。また、D/t=小ではLが大きくlは小さい。45°ロールによる成形の場合、

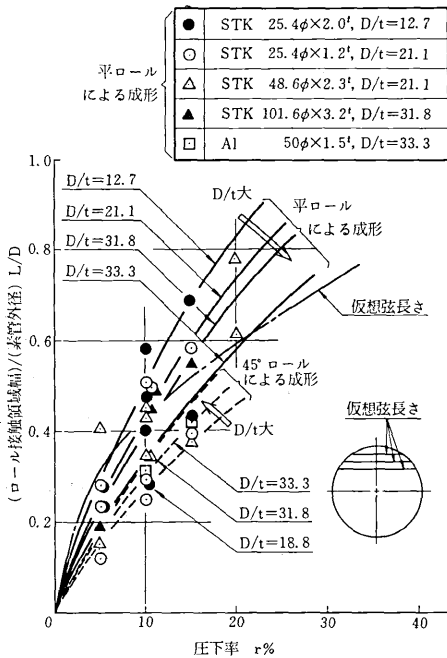


図4 圧下率 (r) がロール接触領域幅 (L) に与える影響

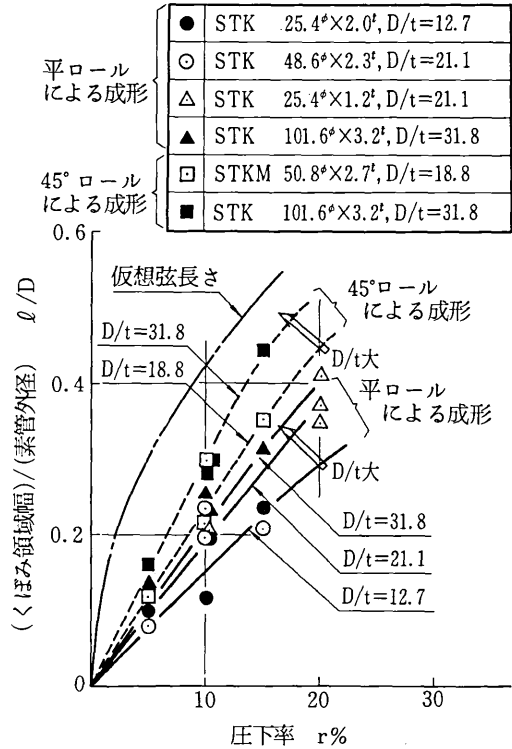


図5 圧下率 (r) がくぼみ領域幅 (l) に与える影響

D/t=大ではL・lとも大きく、D/t=小ではL・lとも小さいことが解る。

3.3 くぼみ量 (Δ) とくぼみ領域幅 (l) の関係

既に示したように、平ロール・45°ロールによる成形ではrの増加に伴ない、Δ・l共に増大するが、一般にrが小さく、D/tが非常に小さい場合には、くぼみが発生しないことが予想される。このくぼみ発生度合とくぼみ領域の形状を検討する意味で、図6にはr・D/tがΔ/lに与える影響を示す。これらの結果をみると、Al材・STK材・STKM材ともΔ/lの値はロール形状・r・D/tの変化に対してそれぞれ異なる値を示す。他方、Δ/Dとl/Dの関係はr・D/tによらず単一の曲線で表わされる。そのさい、STK材・STKM材では平ロール・45°ロールによる差異も認められないが、Al材ではロール形状による差異が認められる。ただし、このことが素管の機械的特性の相違にのみよるものか否かは未だ不明である。

3.4 D/t・rがΔ/lに与える影響

D/t・rがΔ/lに与える影響について示した結果が図7である。この図はΔ/l、すなわち、くぼみ領域の形状のパターンがD/t・rにより、どのように変化するかを示してあり、Δ/l=0の曲線はD/t=4、r=2

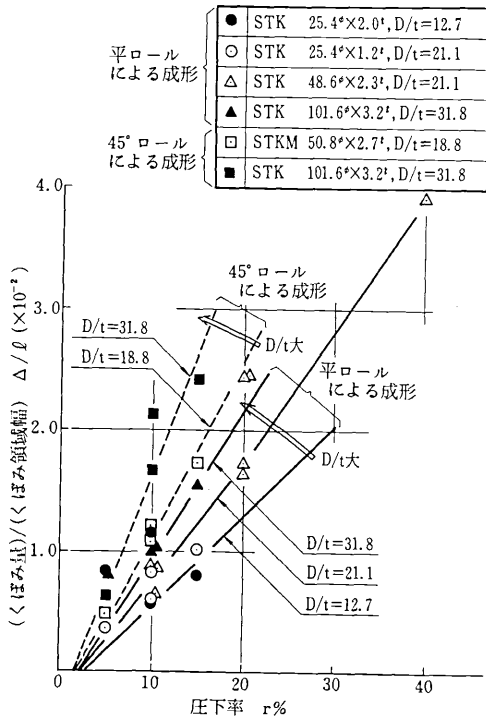


図6 圧下率 (r) が [くぼみ量 (Δ)]/[くぼみ領域幅 (ℓ)] に与える影響

の直線にはほぼ漸近する。

4. まとめ

(1)平ロール・45°ロールによる成形では、 $D/t=4$ 以上、 $r=1\sim 2\%$ 以上になるとくぼみが発生するが、適当な曲率を持つ円弧ロールを用いると、ロール接触領域が平坦で、くぼみやふくらみのない断面が得られると思われる。(2) r が増大すると、 L は平ロールによる成形の方が大きく、 $\Delta \cdot \ell$ は45°ロールによる成形の方が大きく現われる。(3) Δ / ℓ の値は $D/t \cdot r$ により異なり、くぼみ領域の形状の相似性は成立しない。ただし、

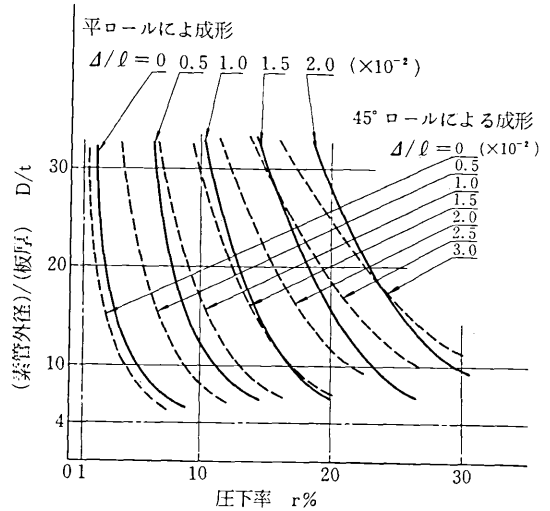


図7 [素管外径(D)]/[板厚(t)]・圧下率(r)が [くぼみ量 (Δ)]/[くぼみ領域幅(ℓ)] に与える影響

Δ / D と ℓ / D の間には1対1の対応関係があり、 ℓ / D の増大に対し Δ / D は単調に増大する。(4)45°ロールによる成形では、 D/t が小さく n 値が大きい素管は、ロール非接触領域で最大曲率を示し、逆に D/t が大きく n 値が小さい素管は、ロール接触領域の肩部で最大曲率を示す。

最後に本研究に関し終始御指導をいただいた東京大学教授 鈴木 弘先生に深く感謝申し上げます。

(1975年4月8日受理)

参考文献

後藤・清水：塑性と加工 Vol. 4, no. 26 (1963—3)