

# 異形管のロール成形に関する実験的研究—第5報— —溝形ロールによる角管の成形(2)— (製品の形状・寸法に関する検討)

Experimental Study on Roll Forming Process of Non-Circular Pipe · 5th Report  
Roll Forming Process of Square Pipe with Grooved Roll (2)  
(Investigation into Shape and Dimensions of Product)

木内 学\* · 新谷 賢\* · 岩崎 利弘\* · 戸沢 正孝\*

Manabu KIUCHI, Ken SHINTANI, Toshihiro IWASAKI and Masataka TOZAWA

## 1. ま え が き

筆者らは、円管を素管とし、種々の形状のロールを用いて、いわゆる異形管を連続的に再成形するプロセスに関する一連の基礎的研究を行なっているが、本報では前報に引続いて、溝形ロールを用いて円管から角管を再成形するプロセスについて実験的に検討を進めた結果を報告する。製品の断面形状の詳細については前報で示したので、本報では特に各種成形条件因子が素管各部の変形挙動や製品の寸法あるいは成形時に発生する長手方向・周方向の伸縮・肉厚の変化などに関する結果について示す。

## 2. 実験方法・実験条件

実験装置および方法は既報で示したものと同一であり、詳細は省略するが、水平パスラインによる単スタンド成形であり、パス回数を積み重ねていく方式を採用している。用いた成形ロールの形状・寸法を図1に、実験条件をまとめて表1に示す。また、製品の形状・寸法ならびに長手方向伸縮の測定は三次元座標測定機を用い、周方

表1 実験条件

素管材質	STK41 一般構造用炭素鋼鋼管 (未焼鈍材)	STPG38相当 圧力配管用炭素鋼鋼管 (焼鈍材)	A1070 TES-F アルミニウム 押出管
素管外径(D)	114.3 <sup>φ</sup>	114.3 <sup>φ</sup>	100.0 <sup>φ</sup>
素管肉厚(t)	4.5 <sup>t</sup>	3.2, 4.0, 5.6, 8.6 <sup>t</sup>	3.0, 10.0 <sup>t</sup>
素管長さ	1,500 mm		
圧下率比(r*)	0 → 25 → 50 → 75 %		
駆動方法	上下軸直結駆動方式		
圧下調整	定クリアランス方式 (厚みゲージにて設定)		
成形速度	約 3 m/min		
潤滑	なし		

向の伸縮はπゲージ、肉厚の変化はマイクロメータで測定した。なお、成形の度合を示すパラメータとして、図1に示すように、素管外径D・断面の対辺間の寸法dより圧下率r、および、素管の周長の伸縮がないと仮定した場合の理論最大圧下率r<sub>max</sub>に対する圧下率比r\* = r / r<sub>max</sub>を定義して用いてある。

## 3. 実験結果および考察

### 3-1 周方向縮み率 (E<sub>y</sub>)に関する検討

成形中の素管は、本来の目的である断面の再成形のための周方向曲げ変形のほかには種々の付加の変形を受けるが、その一つに周方向の縮み変形がある。一般に、素管の各部分は、ロールギャップ内でロールによる周方向の拘束(圧縮力)を受けつつ、幅方向・長手方向の曲げあるいは曲げ戻し変形を受けるが、その際、周方向の縮み変形が誘起される。この縮み変形については、ロールから受ける圧縮による単純な縮み変形が主体となっているのか、あるいは圧縮力の作用下での曲げ・曲げ戻し変形により誘起される縮み変形が大きな割合を占めているのか、詳細は不明であるが、量的には無視できない程度に達する。本実験の成形条件の設定はあくまで断面形状の変更を目的とす

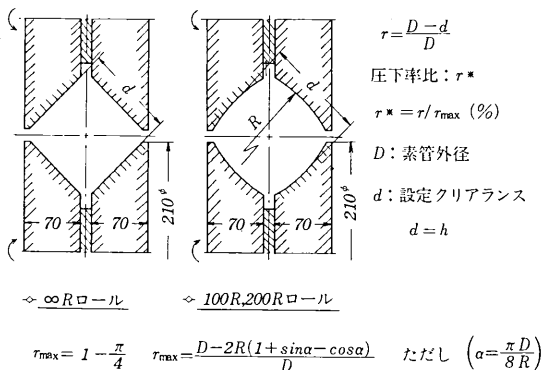


図1 成形ロールの形状および寸法

\* 東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報  
 の再成形をねらいとしており、いわゆる絞り加工を実現するための条件は考慮されていない。すなわち、ロール孔形の周長は素管外周よりも大なる条件が満足される範囲内で成形が行なわれているが、それにもかかわらず、実生産の場で積極的に付加しようとしている絞り率に相当する程度の縮み変形が発生することは、興味深い結果といえる。図2~4には測定例を示す。これらの結果より、周方向縮み率 $E_y$ は、一般に、圧下率 $r$ または圧下率比 $r^*$ が増す程、また、同一圧下率に対しては素管肉厚

$t$ が増す程、さらに、素管半径 $D/2$ のロール孔形の半径 $R$ に対する比 $(D/2)/R$ が大となる程、大きくなることがわかる。これらの条件因子の影響については、各因子の増大とともにいずれの場合も同一圧下率で、ロールからの拘束が強まり、さらに、周方向曲げ変形を受ける素管の変形領域が広がり、同時に次報で示すように、成形荷重が増大することに対応している。ただし、同一圧下率についてみると $(D/2)/R$ の影響が逆転していることに注意を要する。

3-2 長手方向伸び率( $E_x$ )に関する検討 上述の周方向縮み変形に対応して、素管には長手方向の伸び変形が発生する。図5~8にその測定例を示す。 $E_x$ につい

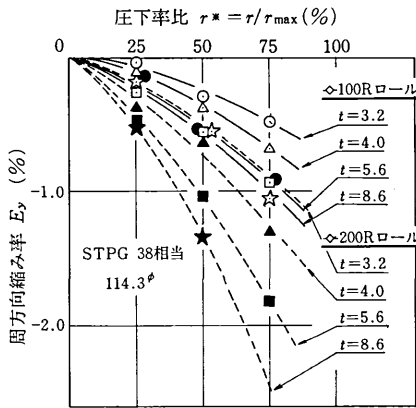


図2 圧下率比( $r^*$ )が周方向縮み率( $E_y$ )に与える影響

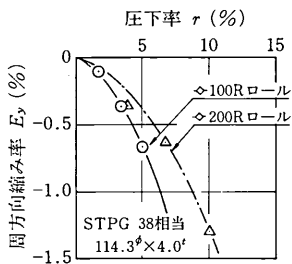


図3 圧下率( $r$ )が周方向縮み率( $E_y$ )に与える影響

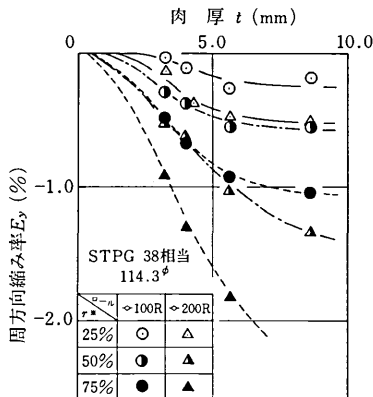


図4 肉厚( $t$ )が周方向縮み率( $E_y$ )に与える影響

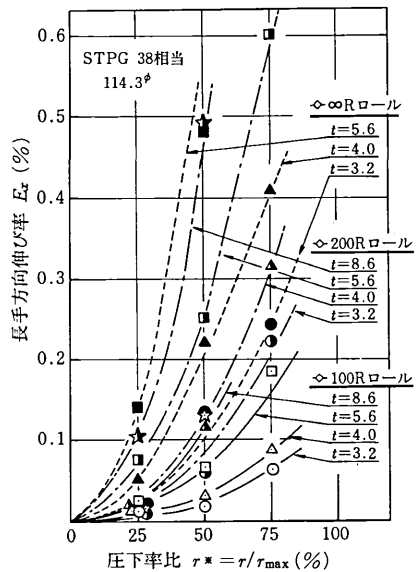


図5 圧下率比( $r^*$ )が長手方向伸び率( $E_x$ )に与える影響

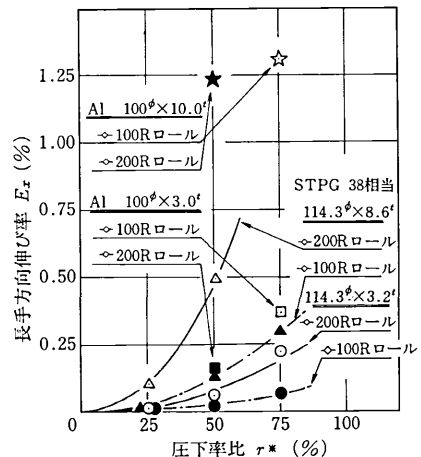


図6 圧下率比( $r^*$ )が長手方向伸び率( $E_x$ )に与える影響

ても、 $E_y$ と同様、 $r$ または $r^*$ が増す程、また、同一圧下率に対しては $t$ が増す程、さらに、 $(\frac{D}{2}/R)$ が増す程、 $E_x$ が増大することがわかる。さらに、素管材質の面から鋼管とAl管の結果を比較すると、後者は前者の数倍の $E_x$ の発生がみられ、素管の機械的特性が $E_x$ ひいては $E_y$ の発生に大きな影響を与えることが推定される。

3-3 周方向縮み率( $E_y$ )と長手方向伸び率( $E_x$ )の対応関係

成形時に素管に発生する $E_y$ と $E_x$ の間には何らかの対応関係の存在が予想されるが、座標面上に各場合・各段階の $E_y$ と $E_x$ をプロットした結果が図9である。これを見ると、 $r \cdot t \cdot R$ などの条件因子によらず $E_y$ と $E_x$ の間にはほぼ規則的な対応関係があり、成形の初期には周方向の縮み変形が優先するが、成形の進行とともに長手方向の伸び変形が顕著になり、

最終的には $E_y$ と $E_x$ の比が2:1、すなわち、周方向にみた単軸の圧縮変形に相当する変形挙動を示すことがわかる。一方、体積一定の条件より、 $E_y$ と $E_x$ の差は肉厚の増大となって現われるが、図9より、素管全周にわたる平均的な肉厚の増加率( $\bar{E}_t$ )を求めた結果を図10に示す。当然、各条件因子の変化に対する $\bar{E}_t$ の挙動は $E_y \cdot E_x$ の挙動に一致する。

3-4 肉厚の変化および製品の肉厚分布に関する検討

成形の各段階における素管の肉厚変化を細かく測定した結果、肉厚の変化(増加)は周方向に一樣に起こるのではなく、肉厚分布がある規則的な変化を示すことが判明した。すなわち、成形の初期の段階では

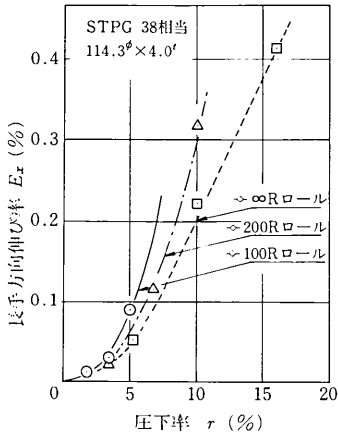


図7 圧下率( $r$ )が長手方向伸び率( $E_x$ )に与える影響

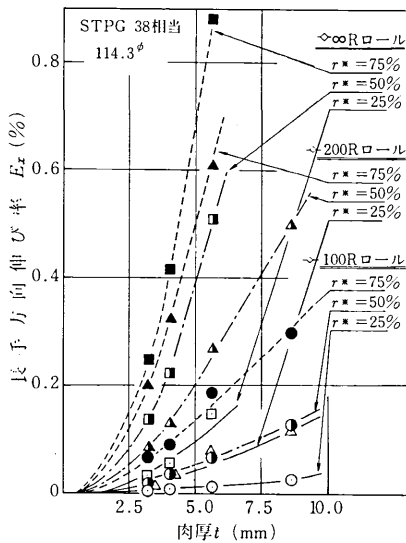


図8 肉厚( $t$ )が長手方向伸び率( $E_x$ )に与える影響

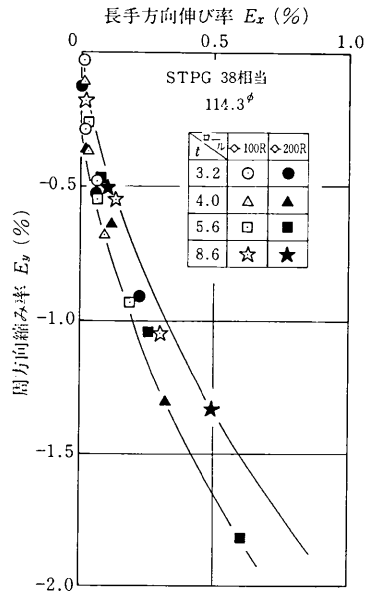


図9 長手方向伸び率( $E_x$ )と周方向縮み率( $E_y$ )の関係

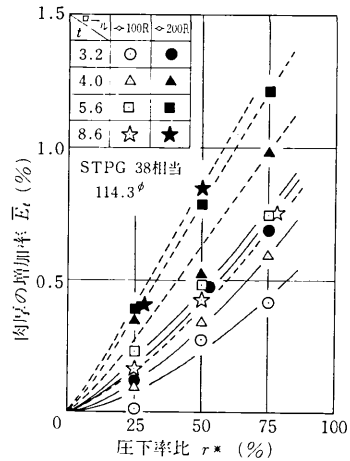


図10 圧下率比( $r^*$ )が肉厚の増加率( $E_t$ )に与える影響

研究速報

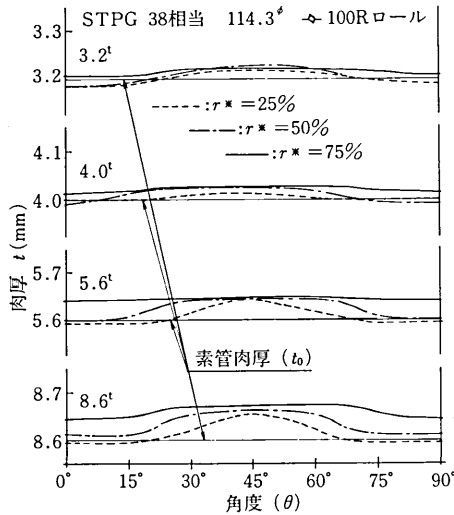


図11 周方向の肉厚 (t) 分布

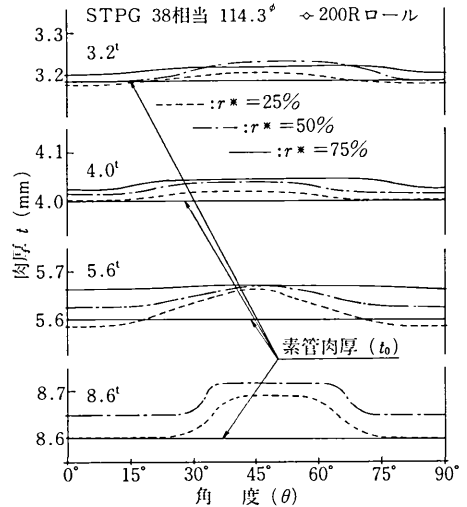


図12 周方向の肉厚 (t) 分布

最初にロールに接触して押し込まれて、周方向の逆曲げ変形を受ける矩形断面の辺の中央部の肉厚が優先的に増加するが、他方、コーナー部に相当する領域の肉厚はほとんど変化しないかまたはやや減少する。成形が進行してロール接触領域または、逆曲げ変形を受ける領域が周方向へ広がるとともに、肉厚の増加域も周方向へ広がり、同時に全体的な肉厚の増加も起こり、肉厚の均一化が進む。図11～12にはこの測定例を示す。上記の肉厚増加域の広がりの挙動は、前報で示した辺中央部の曲率一定領域の広がりの挙動と類似している。また、初期の段階で見られる辺中央部とコーナー部との肉厚の明瞭な差異は同じく前報で示した成形時の素管の変形パターン、すなわち、辺中央部の逆曲げ変形が優先的に進行した後、コーナー部の曲げ変形が急激に進行するという傾向に対応していると思われる、この意味から、肉厚の変化挙動は周方向の曲げの挙動およびそれに対するロールからの拘束の影響と強く結びついていると考えられる。

**3-5 製品断面のコーナーRに関する検討** 前報ではコーナー部の成形率 ( $\xi_s$ ) について示したが、製品断面のコーナーRについてみると、図には示さないが、Rは $\xi_s$ と同様の傾向を示し、当然のことながら、 $r^*$ が増す程、Rは小さくなる。また、 $r^*$ が小さい範囲では、Rに対するtの影響は少ないが、 $r^*$ が大きくなるにしたがいt = 小の場合にRは急速に減少する。基準成形によるコーナーRと比較すると、 $(\frac{D}{2}/R)$  が大きい場合、実測値が全体的に大きい、 $(\frac{D}{2}/R)$  が小さい場合には、

$r^*$ が大きくなるにしたがい実測値は急激に基準成形によるコーナーRに近づく。したがって、コーナーRに限りていえば、 $(\frac{D}{2}/R)$  が小さい方が目標値を達成しやすいといえる。

4. ま と め

(1) ロール孔形の周長は素管外周よりも大なる条件にもかかわらず、 $E_y$  は数%程度縮む。(2)  $E_y \cdot E_x$  は  $r^*$  または  $r^*$  が増す程、同一圧下率に対して t が増す程、 $(\frac{D}{2}/R)$  が増す程、増大する。(3)  $E_y$  と  $E_x$  の対応関係についてみると、成形の初期には周方向の縮み変形が優先するが、成形の進行とともに長手方向の伸びが顕著になり、最終的には  $E_y$  と  $E_x$  の比率が約 2 : 1 となる。(4) 肉厚の変化は成形の進行にともない、周方向に一樣に起こるものではなく、肉厚分布がある規則的な変化を示す。(5)  $(\frac{D}{2}/R)$  が小さい方が製品断面のコーナーRを成形し易い傾向がある。

最後に、本研究に終始ご指導いただいた東京大学名誉教授 鈴木 弘 先生に深く感謝致します。

(1976年8月24日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内・新谷・三浦・岩崎；生産研究 27-8 (1975) 8.
- 2) 木内・新谷・岩崎；生産研究 28-2 (1976) 2.
- 3) 木内・新谷・岩崎；生産研究 28-4 (1976) 4.
- 4) 木内・新谷・岩崎；昭和51年度塑加春講論集 277.
- 5) 木内・新谷・岩崎・戸沢；第27回塑加連講論集.