

# 異形管のロール成形に関する実験的研究—第4報—

## — 溝形ロールによる角管の成形 (1) —

### Experimental Study on Roll Forming Process of Non-Circular Pipe 4th Report Roll Forming Process of Square Pipe with Grooved Roll (1)

木内 学\*・新谷 賢\*・岩崎 利弘\*

Manabu KIUCHI, Ken SHINTANI and Toshihiro IWASAKI

#### 1. ま え が き

前報まで、主として平ロール・円弧ロールを用い、円管から扁平管を再成形するプロセスについて検討を行ってきた。本報では研究をさらに一歩進めて、円管を素管とし、溝形ロールにより角管を再成形するプロセスを取り上げ、素管の変形挙動や各種成形条件因子が製品形状に与える影響について検討し、さらに、基準となる成形プロセスを想定し、製品断面の曲率分布・成形率等について実成形の場合と比較検討した結果を報告する。

#### 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。なお、成形の度合を表わすパラメータとして図1に示すように、圧下率  $r$  は断面の相対する辺の押し込み量  $(D-d)$  を素管径  $D$  で割った値と定義し、また、圧下率比  $r^*$  を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  $r_{max}$  に対する割合

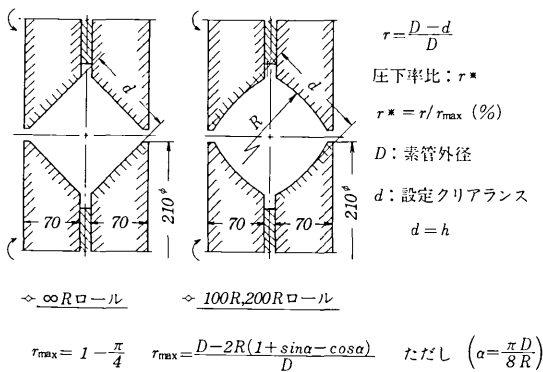


図1 成形ロールの形状および寸法

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		

$r/r_{max}$  (%) と定義する。製品形状は、横断面形状を三次元座標測定機で測定し、曲率分布・成形率などで表示してある。

#### 3. 製品断面形状の測定結果および考察

##### 3-1 周方向曲率分布について検討

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の周方向曲率分布を求めた。その一例を図2に示す。曲率の正負は管断面の内側からみて、形状が外に凸の場合を正、逆の場合を負とする。

図2より、圧下率比  $r^* = r/r_{max} = 25 \cdot 50 \cdot 75\%$  と成形が進行していくにつれ、ロール接触領域中央部 (角断面の辺の中央部) が一度曲げを受けた後に、曲げ戻しを受ける場合があることがわかる。このことは、円弧ロールによる扁平管の成形ではほとんどみられなかった現象であるが、溝形ロール成形の場合は、図3に示すように、加わる曲げモーメントの分布が円弧ロール成形の場合と異なり、断面の一边 A の中央部に対し、その辺に作用する成形力による曲げモーメントのほかに、隣接する辺 B・C に作用する成形力による逆方向曲げモーメントが作用するためと考えられる。

\* 東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報

3-2 実成形プロセスと基準成形プロセスの比較検討

図4に示すように、前報で扁平管の基準成形プロセスを想定したのと同様に、角管の成形についても次の条件を満足する場合を基準成形プロセスとし、実成形プロセスの結果を検討する際の指標とする。(1)ロール接触領域(中央部)の周方向曲率はロール曲率に等しい。(2)ロール非接触領域(コーナー部)は一樣な円弧状を保ち、曲率は一定である。(3)管断面の周長の伸縮はなく、成形後の弾性回復もない。

実成形による製品断面の曲率分布を部分的な平均化を

行なって単純化し、基準成形プロセスと比較した例を図5,6に示す。図に示すように、実成形の場合は基準成形の場合に比べ、通常、 $1/\rho_c$ は小さい。他方、 $1/\rho_s$ は厚肉管ほど次第に基準成形に比して小さくなる傾向を示す。

(i) 製品断面の辺中央部成形率

$$\xi_c = (1/\rho_0 - 1/\rho_c) / (1/\rho_0)$$

圧下率を増すに従い、 $\xi_c$ は一度大きくなり、その後ほぼ一定かまたは減少の傾向を示し、上述の曲げ戻しが起こっている場合があるが、その一例を図7に示す。このことは、成形の初期にロール形状以上に曲げられた中

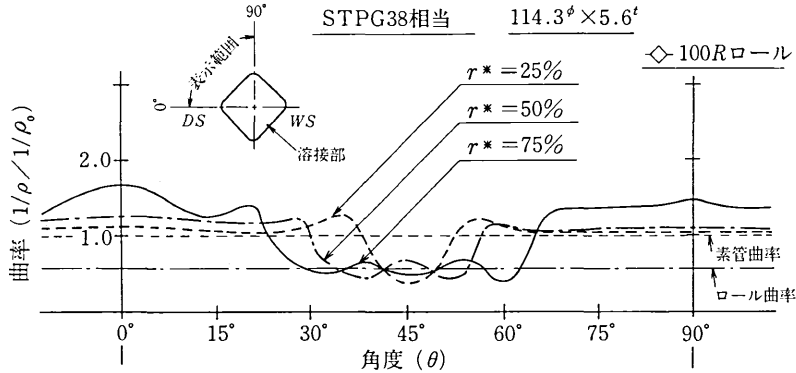


図2 曲率分布

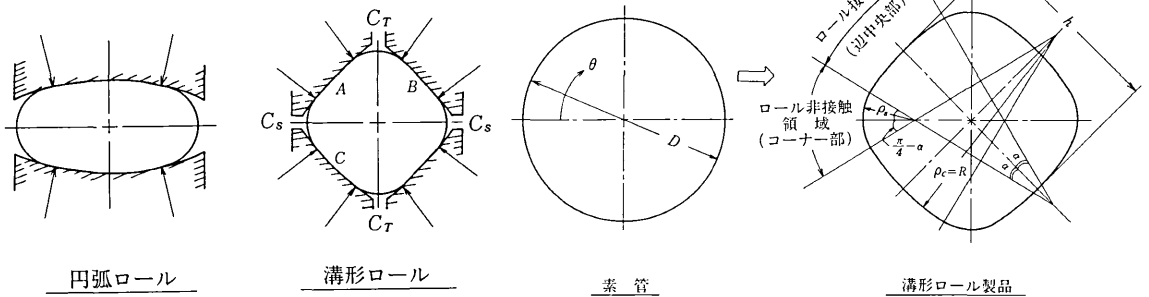


図3 ロール形状による成形力方向

図4 断面形状の変化

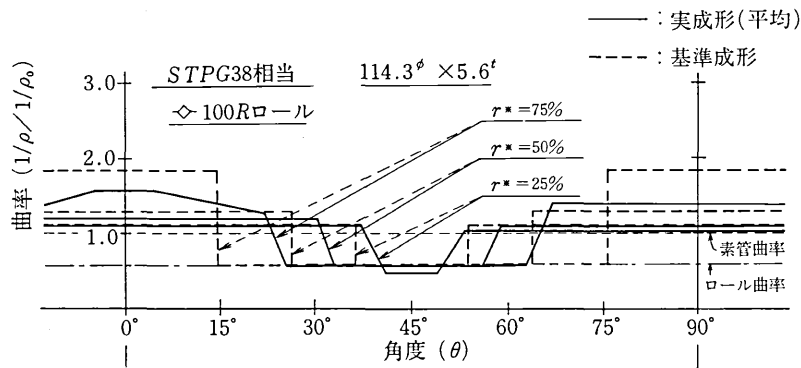


図5 曲率分布

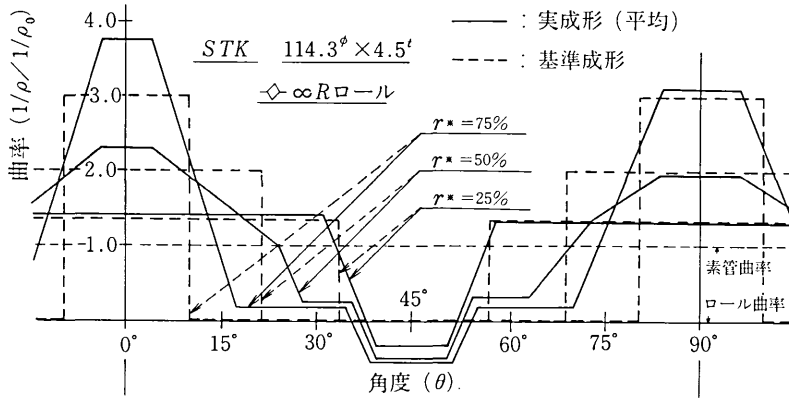


図6 曲率分布

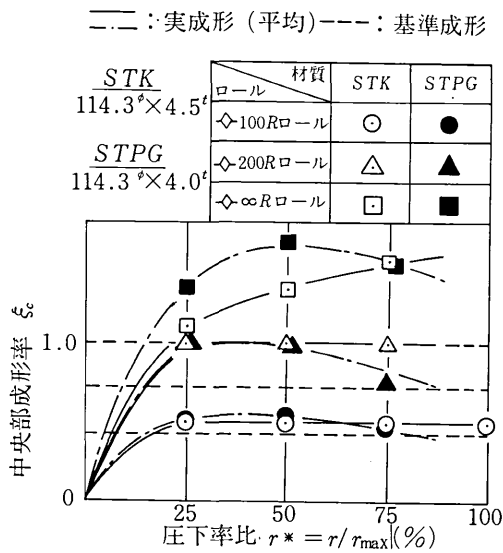


図7 圧下率比 (r\*) が中央部成形率 (ξc) に与える影響

中央部が曲げ戻されて、再び、ロール形状に近づくことを意味しており、このようなξcの減少傾向は溝形ロールの曲げ半径 R = ∞, 200, 100mmの順に大きくなり、いい換えると、D/2/R が大きいほど大きくなる。

STK 41(未焼鈍材)と STPG 38相当(焼鈍材)を比較すると、ξcの値に差はなく、曲率分布も非常に類似している。このように、材質による差が認められないのは、溝形ロールによる成形の場合、ロールによる拘束が大きく、変形の自由度が小さいためと考えられる。これに対し、変形の自由度が大きいと考えられる円弧ロールによる扁平管の成形の場合、焼鈍材の方が中央部が変形しやすい結果を得ている。

(ii) 製品断面のコーナー部 (CT, CS) 成形率

$$\xi_s = (1/\rho_s - 1/\rho_0) / (1/\rho_0)$$

図8に示すように、ξsは左右のコーナー部 (CS) と上

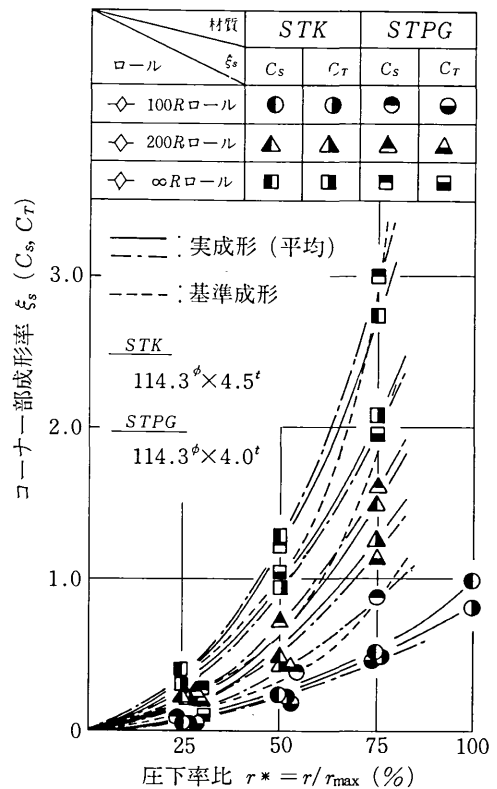


図8 圧下率比 (r\*) がコーナー部成形率 (ξs) に与える影響

下のコーナー部 (CT) で値が異なり、CS部の方が値が大きく、より強く曲げられていることがわかる。これは、2・ロール方式の溝形ロールによる角管の成形機構の特質、すなわち、管の各辺に作用するロールからの成形力の作用方向が、摩擦力成分の影響により、各辺のロールプロファイルの中心より左右コーナー部側へ片寄っているため、左右コーナー部に作用する曲げモーメントが大きく、その分だけ強く曲げられるためと考えられる。

また、一般にξsは、薄肉管ほど、圧下率が増すほど、

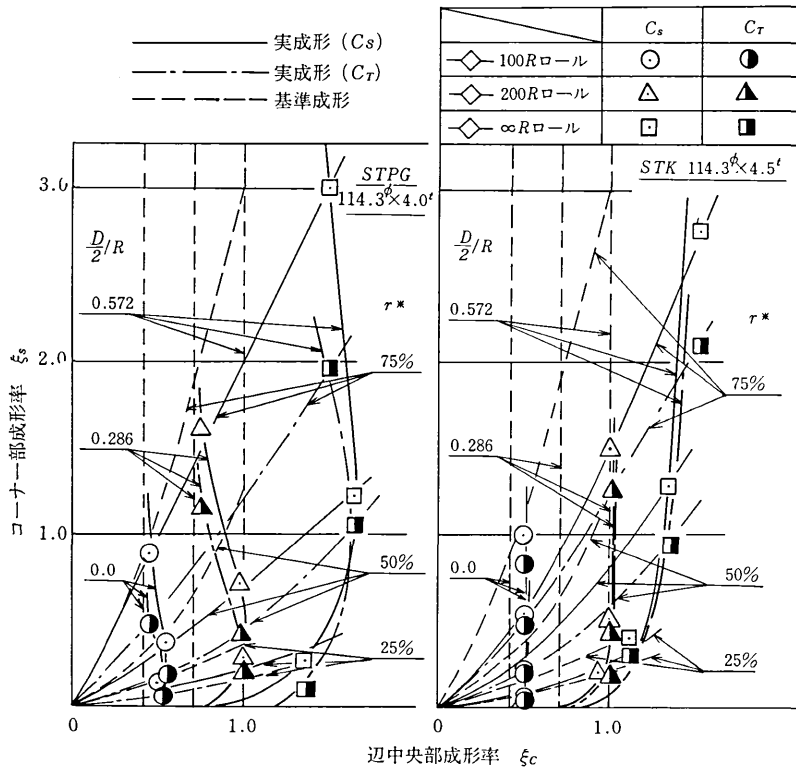


図9 辺中央部成形率 ( $\xi_c$ ) とコーナー部成形率 ( $\xi_s$ ) の関係

さらに、 $\frac{D}{2}/R$  が小さいほど大きくなり、コーナー部が大きく変形する傾向がある。

基準成形プロセスと比較すると、肉厚が3.2, 4.0, 4.5mmの範囲で $\xi_s$ は両者とも比較よく合致しているが肉厚がそれ以上になると、実成形の方が $\xi_s$ は小さくなる。これは肉厚が大きくなると、辺の中央部の変形が単なる曲げ変形だけでなく、圧延状態に近づいて局部的に変形が集中し、その分だけコーナー部の変形が少なくなるためと考えられる。

(iii) 辺中央部成形率 ( $\xi_c$ ) とコーナー部成形率 ( $\xi_s$ ) の関係

前報で上下ロールによる偏平管の成形過程はロール接触領域が急激に変形する第1段階と、ロール非接触領域が大きく変形する第2段階に分けられることを示したが溝形ロールによる角管成形の場合も同様であり、その測定例を図9に示す。この場合、第1段階に相当する変形過程が少なく、 $\xi_c$ は非常に小圧下率でロール曲率に対応する値より、やや大きい値に達する。第2段階では $\xi_c$ の値は一定であるか減少し、 $\xi_s$ が大きく増加する。 $\frac{D}{2}/R$  が大きいほど、両者の関係は基準成形に近づいてくる。

( $\xi_c, \xi_s$ )の曲線は断面の変形径路を表わしているがこれは肉厚が変化してもあまり変わらず、 $\frac{D}{2}/R$ が定まると、ほぼ一定の径路を経て成形されるように思われる。

4. ま と め

- (1) 2・ロール方式の溝形ロール成形により、円管から角管を再成形する場合、圧下率を増すと、断面の辺中央部は一度曲げを受けた後に、曲げ戻しを受ける場合がある。
- (2) STK 41(未焼鈍材)とSTPG 38相当(焼鈍材)の間では、曲率分布・成形率 ( $\xi_c \cdot \xi_s$ )とも違いがほとんどない。
- (3) 辺中央部成形率 ( $\xi_c$ )は通常肉厚の影響を受けない。
- (4) 2・ロール方式の場合、コーナー部成形率 ( $\xi_s$ )は左右コーナー部と上下コーナー部によって違いがあり、前者の方が大きい。
- (5) 左右・上下コーナー部の $\xi_s$ の差は薄肉管ほど大きい。
- (6) 一般に、コーナー部は薄肉管ほど大きな曲げ変形を受けやすい。
- (7) 厚肉管では、通常の曲げ変形の場合が少なくなり、圧延に近い変形がロール接触部で局部的に起こる。

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年塑加春講論(1976)277