

## プラネタリーローラーレデューサーに関する研究 第4報

Study on Pipe Reducing by Planetary Roller Reducer · 4th Report

木内 学\*・新谷 賢\*  
Manabu KIUCHI and Ken SHINTANI

### 1. ま え が き

筆者らは、電縫管の製造および二次加工関連技術の一つとして、溶接後の工程でインラインかつ連続的に管の絞り成形を可能とするプラネタリーローラーレデューサー（以下PRRと略す）とその利用技術の開発を目指し、一連の研究を進めている。

既報<sup>1)~3)</sup>では、圧下率などの設定条件固定方式のPRRモデル機を用い、素管材質・ $t/D$ ・ロール形状・ロール本数などが絞り成形の際の成形限界や製品の形状特性に与える影響について検討したが、本報では、それらの結果をふまえ、新たに、成形中のロールの設定条件（特に圧下率）が可変であり、管の絞り率を断続的あるいは連続的に変更することが可能な試験機を試作したので、その概要を報告する。

### 2. PRR試験機の基本構造

PRR成形法は、Fig. 1に示すように、適切なプロフィールを持つ6～8本のロールを管軸に対し傾斜および交差させて配し、一体として管外周に沿って遊転させ、各ロールを転動させつつ管表面を繰り返し圧下することにより、プラグまたはマンドレルを使用することなく、管の絞り成形を実行しようとするものである。以下、ロールの傾

斜角( $\alpha$ )と交差角( $\beta$ )をFig. 1に示すように定義する。

ロールの支持方法については、既報<sup>1)</sup>で検討したとおり、片持ち方式、両持ち方式など種々考えられるが、本試験機では成形中のロール設定を可変とする機構を組み込むため、両持ち方式とする。

成形中にロールの設定条件を変更する機構としては、リンク機構や軸方向・回転方向のスライド機構などが考えられるが、本試験機ではロール軸端保持ブロックの軸方向スライド方式を採用する。すなわちロールは一体ホルダー（またはケーシング）内に組み込むのではなく、ロール軸両端はそれぞれ独立した保持リングおよびブロックにより支持される機構とする。具体的には(Fig. 2参照)、ロール軸の前端は回転する一体保持リングの周方向に等分した位置に後述する機構により組み込む。ロール軸の後端は管軸方向に傾斜するすべり面を持つ保持ブロック群で支持し、このブロック群のホルダーを軸方向にスライドすることによりブロック間の開度を変更し、併せてロールの傾斜角を変え、これにより管の出口径を変更する。なお、上記ホルダー内にはロール軸端保持ブロック群と対向する傾斜ブロック群が周方向に等分された位置に組み込まれている。

交差角の変更は、ロール軸前端保持リングまたは後端

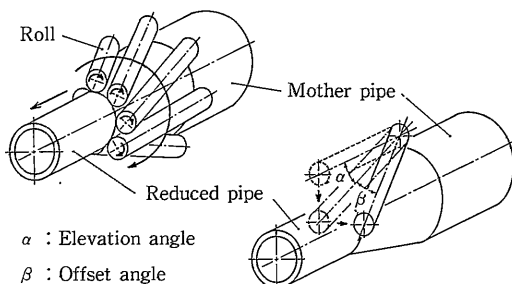


Fig. 1 PRRの概要と傾斜角・交差角の定義

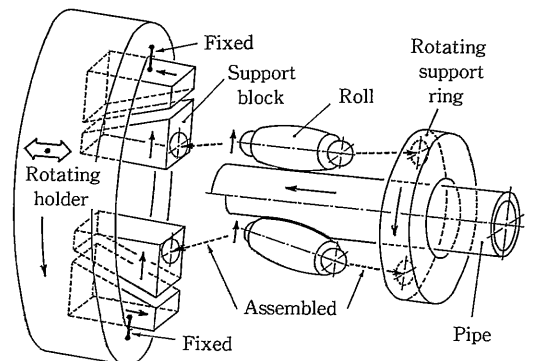


Fig. 2 ロールの支持方法

\*東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報  
 保持ブロック群の一方を固定し、片方の設定角度を変更し両者の相対位置を調整して、前後端の遊転の位相を変更することにより行う。なお、ロール軸の前端支持側と後端支持側の駆動に際しては、位相のずれが生じないようにモーター軸からタイミングベルトを用いて駆動トル

クを伝達する。

本試験機の傾斜角の変更範囲は $0^{\circ}\sim 10^{\circ}$ であり、交差角については $0^{\circ}\sim 15^{\circ}$ である。

PRR成形法におけるロール径と管材の仕上がり径、および可能なロール本数との関係をまとめるとFig. 3のようになる。当然のことながら、管の仕上がり径を一定とすると、ロール本数が多くなるほど、可能なロール径は小さくなる。ここでは、素管の最大外径を60mmとし、成形後の管の仕上がり最小外径40mmを目標とし、ロール本数は6本として試験機の設計を行った。

ロール軸両端の形状は傾斜角、交差角が自在に変更できるように球状とし、ロールはロール軸上に軸受を介してはめ込んである。

### 3. PRR試験機の構造・機構の特徴

Fig. 4には試作したPRR試験機全体の概略図を、Fig. 5にはPRR試験機成形部の外観を、Fig. 6にはロールの支持方法を、Fig. 7には試成形に用いたロール形状を示す。Table 1には本試験機の主な仕様を示す。試験機の構造・機構上の特徴を列挙すると以下のとおりである。

- (1) 架台上の入口側のプーリー⑥から出口側のプーリー⑮までの成形部は管材が通過するため中空である。
- (2) 電動機(無段変速機付き)⑳軸から2本のタイミングベルト㉑、㉒を介して、ロール軸前端保持リング⑧と後端保持ブロック㉓のホルダー⑩が駆動される。素管④は、前端保持リング⑧とホルダー⑩内にある後端保持ブロック㉓により支持されたロール⑨の内側を通過し

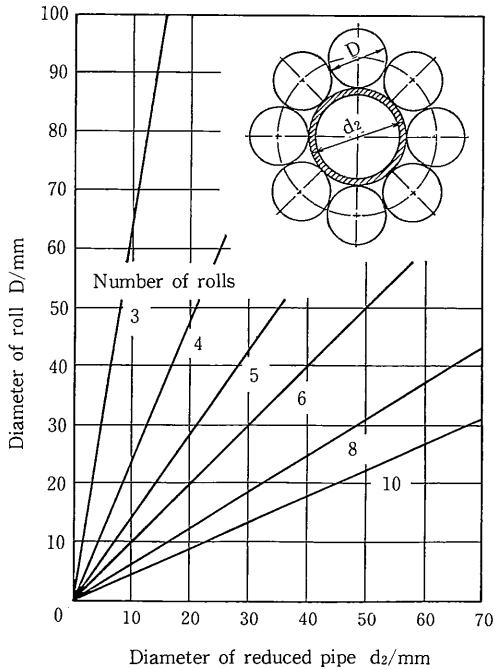


Fig. 3 ロール径、管材の仕上がり径とロール本数との関係

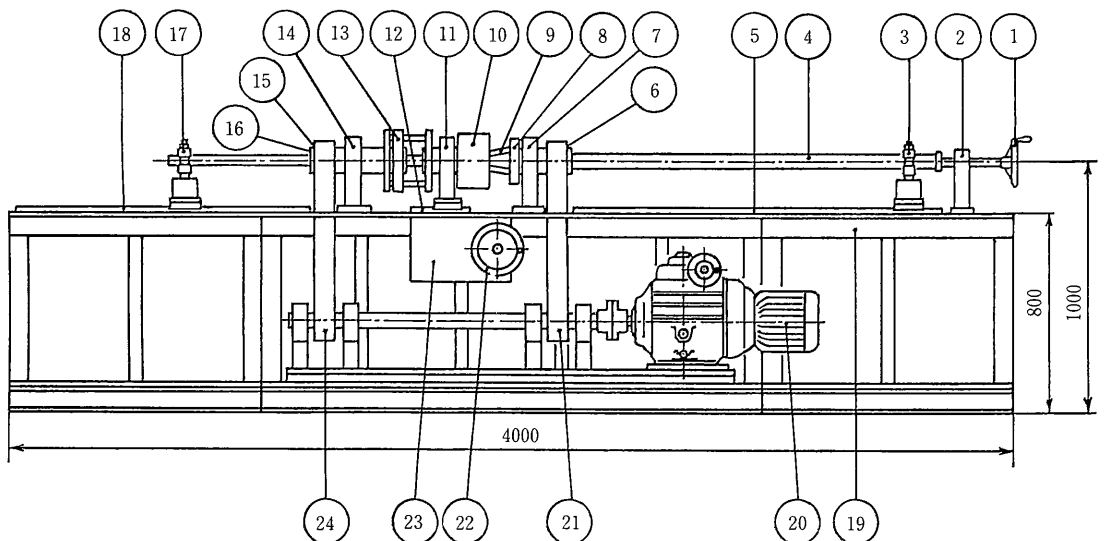


Fig. 4 PRR試験機の概略図

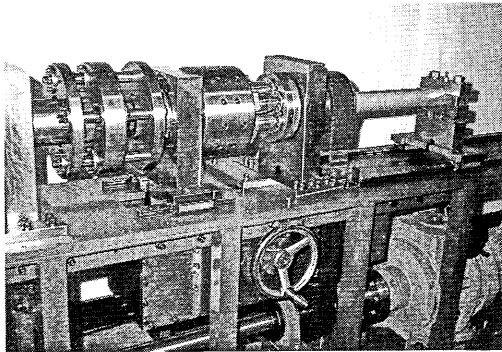


Fig. 5 PRR試験機成形部の外観

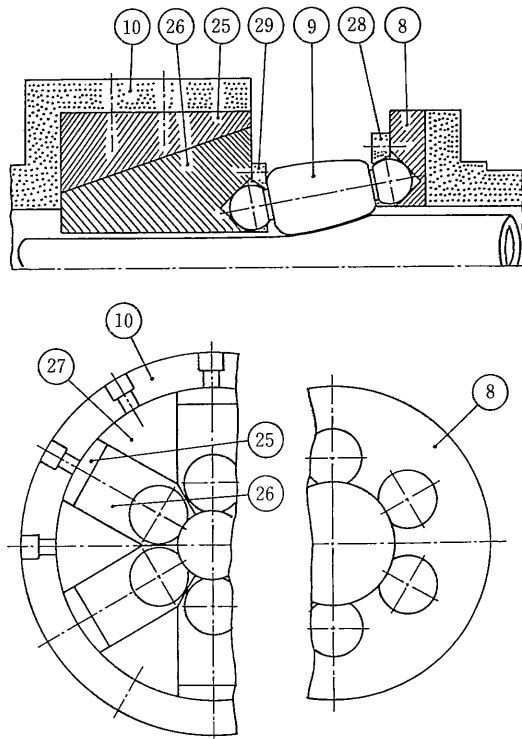


Fig. 6 ロール支持方法の概略図

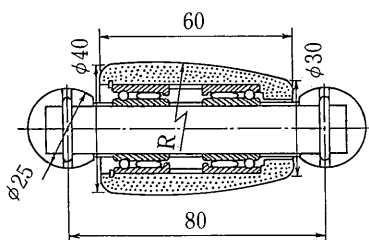


Fig. 7 ロール形状

Table 1 PRR試験機の主な仕様

Motor capacity	kW	3.7
Elevation angle : $\alpha$		0°~10°
Offset angle : $\beta$		0°~15°
Number of rolls		6
Barrel length of rolls	mm	60
Shape of roll		Circular roll
Diameter of rolls (max.)	mm	40
Diameter of reduced pipe (min.)	mm	40

ながら絞られ成形される。

(3) 架台⑱上の素管挿入用スタンド②のハンドル④を回転することにより、素管先端をロールにかみ込ませる。素管④は入口ガイドスタンド③により保持されており、成形すなわち素管の進行に伴って、入口ガイドスタンドはレール⑤上を滑らかに移動する。

(4) ロール軸の前端側には保持リング⑧の支持スタンド⑦を設け、同リングの軸部にはプーリー⑥を取り付け、これを介して駆動する。球状のロール軸端は保持リングに設けられた円錐状の穴に挿入され、分割したキャップ⑳で封入されている。

(5) ロール軸の後端支持側のホルター⑩内には相対向する傾斜ブロック群㉕、㉖があり、外周側ブロック群㉕の傾斜面上を内周側の後端保持ブロック群の傾斜面がすべりつつ移動する。球状のロール軸端は内周側の保持ブロック群㉖に設けられた円錐状の穴に挿入され、分割のキャップ㉑で封入されている。

(6) ロールの压下設定は架台下のギアボックス㉒のハンドル㉑を操作し、架台上のレール⑫に沿ってホルダー支持スタンド⑪を移動し、ホルダーをスライドさせ、ロール開度を変え、出口管径を変更する。

(7) ロール軸後端支持側の駆動のために、スタンド⑭に組み込まれた中空軸にプーリー⑮とディスク⑬を取り付け、ディスクとホルダー間を4本の連結軸で結合しトルクを伝える。また、プーリー⑮と中空軸との間にブッシュ⑩を入れ、その締め付けを開放して交差角の変更を行う。

(8) さらに、絞られ成形された管材はレール⑬上を移動する出口ガイドスタンド⑰により保持されつつ進行する。

#### 4. 実験結果および考察

上記試験機により、とりあえず2~3の絞り成形を試み、その機能について確認した結果について以下に示す。

## 研究速報

Table 2 素管材質, 寸法, 化学成分, 機械的性質

Test material	A1050TD-H	
Diameter of pipes	mm	50, 60
Wall-thickness of pipes	mm	2, 3
Length of pipes	mm	1000

(%)

Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti	Al
0.00	0.09	0.14	0.00	0.02	0.00	0.01	0.01	99.73

	Tensile strength MPa	Elongation %
A1050TD-H	109.0	11.6

実験に使用した素管の材質, 寸法, 化学成分および機械的性質をTable 2に示す。使用したロールは100Rと500Rの円弧形ロールである。

Fig. 8に100Rロールを用いた場合の, 絞り成形後の製品例を示す。絞り成形後管表面にスパイラル状のロールマークは若干つくものの, ほぼ正常に成形されていることがわかる。上側の製品は, 外径50mm肉厚3mm( $t/D=6\%$ ), 外径60mm肉厚3mm( $t/D=5\%$ )の素管を用い, 外径リダクションを1パス当り約5%一定に保ち, 交差角を約5度に設定し, 素管先端から絞り成形を開始し, 途中でかみ止めた例である。下側の製品は, 同じ素管について成形中のロールの設定条件の変更を試みたもので, 素管の途中から外径リダクションを徐々に加え, 絞り成形の進行に伴い外径リダクションを増加させテーパ状に成形した例や, 交差角を0度に設定し, 外径リダクションを順次付加し, コルゲート状に成形した例を示す。

成形限界や製品の表面性状に関する検討は今後の課題であり, 継続して研究を進める予定である。適切なロールプロフィールの設計方法についても検討すべき点が残されているが, これまでに, ロールと素管との接触長さが軸方向に短くなると, ロールの交差角を小さくしなければ正常な絞り成形が困難となること, また, ロールの出口近傍のプロフィールには十分大きなRを付与しないと, 絞り成形後の製品表面にスパイラル状のロールマークが付きやすいこと, などが判明している。

## 5. ま と め

電縫管のインラインでの可変絞り成形技術の開発を目

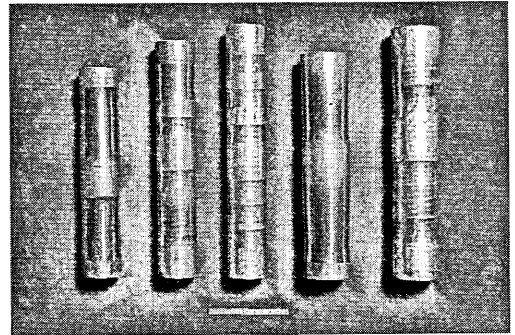
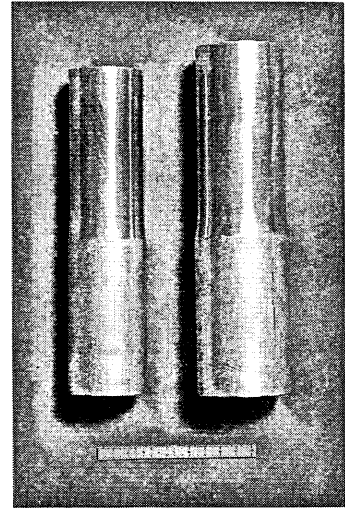


Fig. 8 絞り成形後の製品例

指して, PRR試験機を試作し, 絞り成形実験を行った。その結果, 外径リダクションは1パス当り約5%程度付加できること, テーパー状やコルゲート状の管の成形などが可能であることなどがわかった。

今後, さらに実験を進め望ましいロール形状や加工条件, あるいは加工限界, 製品の形状特性について検討を行う予定である。

なお, PRR試験機は本所試作工場で作製されたものであり, 主に設計・製作に協力していただいた大川繁夫氏, 岡本伸英氏, 米良忠久氏, 福尾哲二氏, 谷田貝悦男氏らに深く感謝する。

(1991年4月15日受理)

## 参 考 文 献

- 1) 木内・新谷: 第39回塑加連講論, (1988-10), 443
- 2) 木内・新谷: 平元春塑加講論, (1989-5), 83
- 3) 木内・新谷: 第40回塑加連講論, (1989-10), 335