

プラネタリーローラーレデューサーに関する研究 第 8 報

Study on Pipe Reducing by Planetary Roller Reducer · 8th Report

木 内 学*・新 谷 賢*
Manabu KIUCHI and Ken SHINTANI

1. ま え が き

筆者らは、プラネタリーローラーレデューサー（以下 PRR と略す）による連続的な管の絞り成形および矯正加工を提案し、その特性の解明を目指して、一連の研究を進めている¹⁻⁷⁾。

本報では、前報⁷⁾に引き続き、試作した PRR 試験機を用い、アルミ管（引抜き管）、構造用鋼管（電縫管）およびステンレス鋼管（引抜き管）の絞り成形を試み、ロール形状・素管材質などが成形限界および製品形状に与える影響について検討した結果を示す。さらに、PRR の形状修正効果についてより広範囲に検討するため、管横断面が種々の縦横比を有する偏平管を作成し、これらに対して PRR による矯正を加え、各種成形条件が管横断面の真円度の変化に与える影響について検討した結果も報告する。

2. 実験方法・測定方法

PRR 成形法は、Fig. 1 に示すように、円弧形・その他の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 (α) と交差角 (β) を

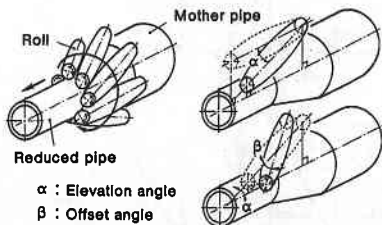


Fig. 1 PRR 成形法の概要と傾斜角・交差角の定義

*東京大学生産技術研究所 第 2 部

Fig. 1 に示すように定義する。

Fig. 2 は試作した PRR 試験機の成形部の外観を示す。Table 1 に同試験機の仕様を示す。

実験方法は概略以下の通りである。素管はスライドす

Table 1 PRR 試験機的主要仕様

Motor power	kw	3.7
Elevation angle : α		$0^{\circ} \sim 10^{\circ}$
Offset angle : β		$0^{\circ} \sim 15^{\circ}$
Number of rolls		6
Barrel length of roll	mm	60
Shape of roll		Circular arc
Diameter of roll (max.)	mm	40
Diameter of reduced pipe (min.)	mm	40

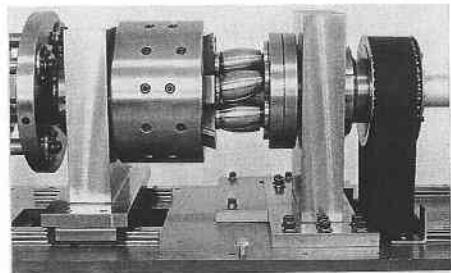


Fig. 2 PRR 試験機の成形部の外観

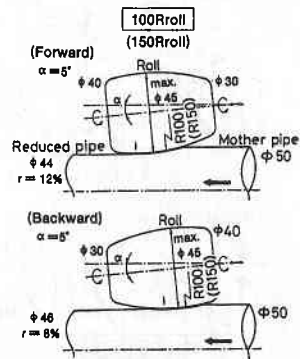


Fig. 3 ロールと素管の接触状態およびロールの向きの定義

研 究 速 報

Table 2 素管材質・寸法・機械的性質

Material	A1050TD-H	STKM-11A	SUS-304TP
Diameter of pipe mm	50.0	50.8	50.8
Wall-thickness of pipe mm	1.0, 3.0	1.2, 1.6	1.2, 1.65
Length of pipe mm	1000		
	Tensile strength Mpa	Elongation %	
A1050TD-H	109.0	11.6	
STKM-11A	370.0	59.0	
SUS-304TP	646.8	68.0	

る入口ガイドスタンドにより後端を保持されつつ、先端から遊転しているロール間に挿入され、その内側を通過しながら絞られ成形される。素管は回転せず、ロールから加えられるスラスト力により長手方向へ送られる。なお、ロールの圧下設定や交差角の変更は調節機構を用いて随時行うことができる構造となっている。

使用したロールは Fig. 3 に示す100R および150R 円弧ロールであり、ロールの向きは素管に対し入口側でロール外径が小さく、出口側で大きい場合を正 (Forward)、逆の場合を負または逆 (Backward) と定義する。実験に使用した素管の材質、寸法および機械的性質を Table 2 に示す。

絞り成形後の製品の成形限界は、既報^{5),6)}で示した基準に従って目視により判別した。また、素管および製品の真円度を評価する代表値として採用した管横断面の縦・横寸法はノギスにより測定した。

3. 実験結果および考察

以下、1パス成形、多パス成形および定位置成形の結果を示すが、1パス成形とは、1回の成形で目的とする総外径リダクション (r) を付加する場合、多パス成形とは、外径リダクションを僅か ($r \leq 1\%$) づつ付加し、成形を繰り返して目的とする総外径リダクションを付加する場合、定位置成形とは、交差角 $\beta = 0^\circ$ の成形 (素

管には送り力が作用しない) で、外径リダクションを連続的に増加させながら (1回転当り $r = 0.2 \sim 0.4\%$) 素管の同一箇所には絞り成形を加える場合である。

3-1 成形限界

Fig. 4 には、100R・150R 円弧ロール、向きが正 (Forward) または負 (Backward) の場合について、素管の肉厚・外径比 t/D が成形限界に与える影響について調べた結果を示す。PRR による成形限界について、これまでの一連の結果^{5)~7)}を総括すると以下のようになる。

(A) 1パス成形の場合

(1)素管の t/D が增大すると、正常に加え得る外径リダクションは増大する。(2)標準的な寸法である t/D = 2 ~ 6% の素管に対して、加え得る総外径リダクションは概略1.5~6%であり、その値は t/D の増加とともに概略比例的に増大する。(3)交差角 β が大きくなるほど、加え得る総外径リダクションは増大する傾向にある。(4)ヤング率・降伏点が高くかつ加工硬化の大きいステンレス鋼管の成形可能範囲 (加え得る総外径リダクションの範囲) が最も広く、ヤング率・降伏点が低くかつ加工硬化も少ないアルミ管の成形可能範囲が最も狭い。(5)ロール形状 (プロフィール) の R が大きく、ロール外径が小さくなるほど、成形可能範囲は狭まる傾向にある。(6)成形可能範囲はロールの向き (Forward, Backward) により若干影響を受け、Forward の方が少し広がる傾向にある。

(B) 多パス成形の場合

(1)1パス当たりの外径リダクションを低く抑えても、正常に付与し得る総 (累積) 外径リダクションは1パス成形の場合に比較して若干増大する程度である。

(C) 定位置成形の場合

(1)成形可能範囲は素管材質による影響を受け、アルミ

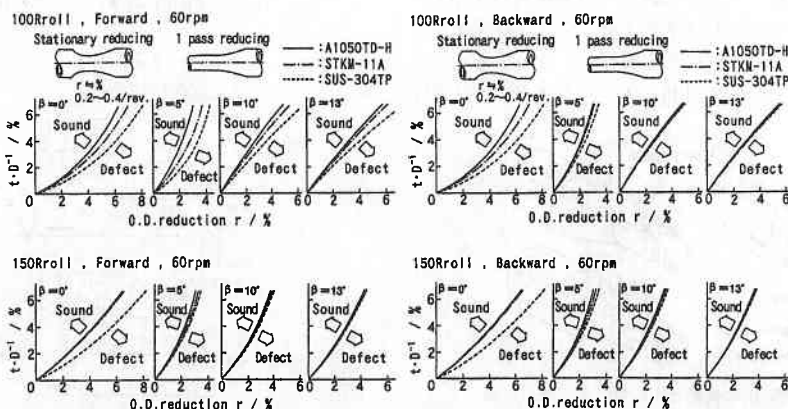


Fig. 4 t/D と外径リダクションが成形限界に与える影響

管に比較してステンレス鋼管に加え得る総外径リダクションの方が増大する傾向にある。(2)ロール形状のRが大きく、ロール外径が小さくなるほど、素管のt/Dの小さい範囲で成形可能範囲が狭まる傾向にある。(3)成形可能範囲はロールの向き (Forward, Backward) の影響を受けない。(4) $\beta > 0$ の1パス成形の場合より成形可能範囲は増大する。

3-2 管横断面の形状修正効果

Fig. 5 に示すような偏平管を素管とし、まず1パス成形により、ロール形状 (100R, 150R)・向き (Forward, Backward)・交差角 (β)、素管材質、t/D、外径リダクション、などを変化させつつPRRによる成形 (矯正) を行い、その際の管横断面の縦・横寸法の変化を調べた。その結果を Fig. 6 に示す。同様の実験を多パス成形についても行った。その際外径リダクションの付与は Fig. 7 に示すように、各パスに対して均等に配分し、6パス成形を標準とした。(2~3パス成形では形状不良になる場合もある。) その場合の縦・横寸法の変化を Fig. 8 に示す。さらに、素管および多パス成形後の管横断面形状を Fig. 9 に示す。

以下、偏平管に加えた外径リダクション r とは、当該偏平管を周長が等しい円管に置き換えて考え、この円管に加えることを想定した外径リダクションに等しいものと定義することとした。

これらの結果より、以下のことがわかる。

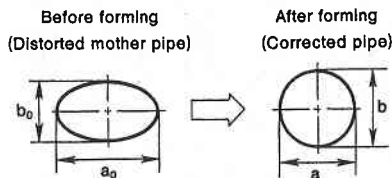


Fig. 5 偏平管と製品の縦・横寸法

(A) 1パス成形による形状修正効果

(1)外径リダクション $r = 0\%$ の場合には、ロール形状・向き・交差角、素管材質、t/D、初期縦横比などの違いによらず、管横断面の形状修正は十分実行されない。すなわちこの場合、偏平管の長径部はロールによる圧下を受けるが、短径部は圧下を受けず、圧下されロールに当たる部分の周方向の曲げ戻し変形のみが起り、ロールに当たらない部分の周方向の曲げ変形が進行しない。(2)周長が等価な各円管に対して正常に加え得る最大外径リダクションの半分以上のリダクションを加え成形すると、素管材質の違いによらず、初期縦横比が1.05程度以下の偏平管の横断面形状は効果的に修正され、ほぼ真円に近づく。(3)偏平管の初期縦横比が1.10程度になると、ロール形状・向き・交差角、素管材質、t/Dなどの違いによらず、上述の最大外径リダクションを加えても横断面形状は十分には修正されない。(4)ロールの交差角が大きくなるほど、わずかではあるがロールに当たる部分 (長径部) の周方向の曲げ戻し変形が進行しやすくなり、ロールに当たらない部分 (短径部) の曲げ変形は進行しにくくなる。

(B) 多パス成形による形状修正効果

(1)多パス成形による形状修正効果は、ロール形状・向き、素管材質、t/D、初期縦横比などの影響を受ける。(2)初期縦横比が1.10程度までの偏平管は、100R 円弧ロールで向きが正 (Forward) の場合、素管材質や t/D によらず、ほぼ真円の横断面形状を有する管へと矯正される。(3)初期縦横比が1.15程度の偏平管の矯正については、素管材質により結果が異なる。100R・150R 円弧ロール、向きが正 (Forward) の場合、ステンレス鋼管は、比較的小さな外径リダクションを加えることにより、ほぼ矯正できること、構造用鋼管は外径リダクションを十分大きくすると真円に近づくが、アルミ管は形状修正が十分実行されないこと、などがわかる。

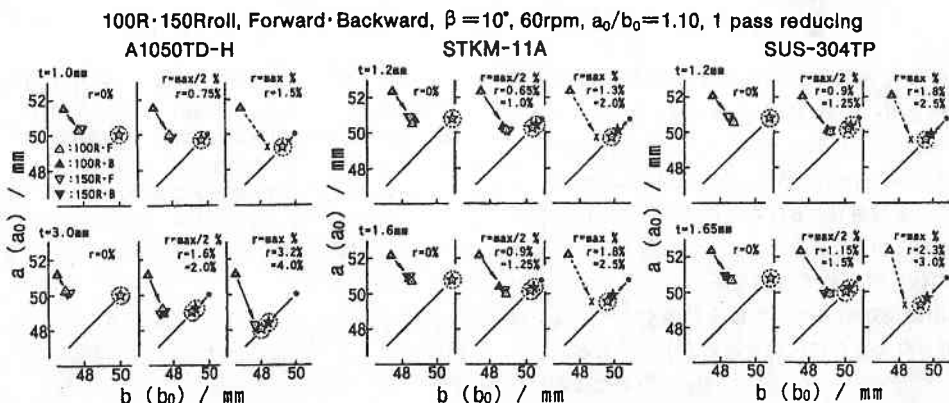


Fig. 6 外径リダクションが縦・横寸法の変化に与える影響 (1パス成形)

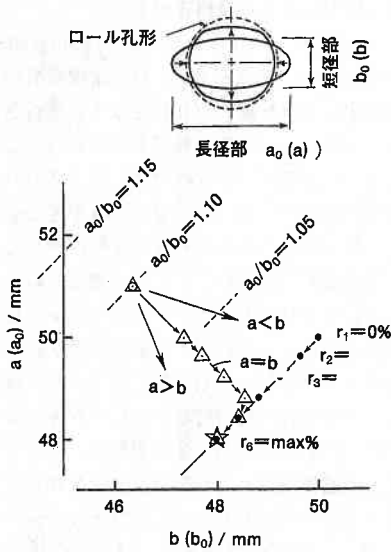


Fig. 7 多パス成形における外径リダクションの付与方法

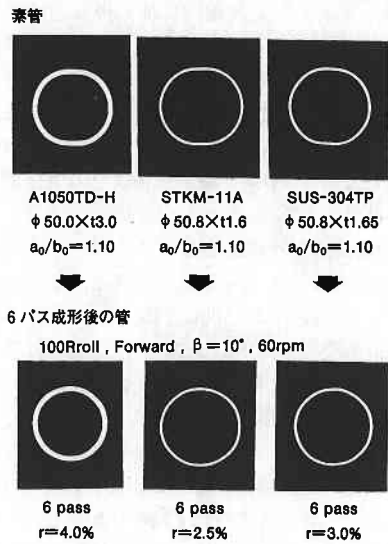


Fig. 9 素管および多パス成形後の管横断面形状

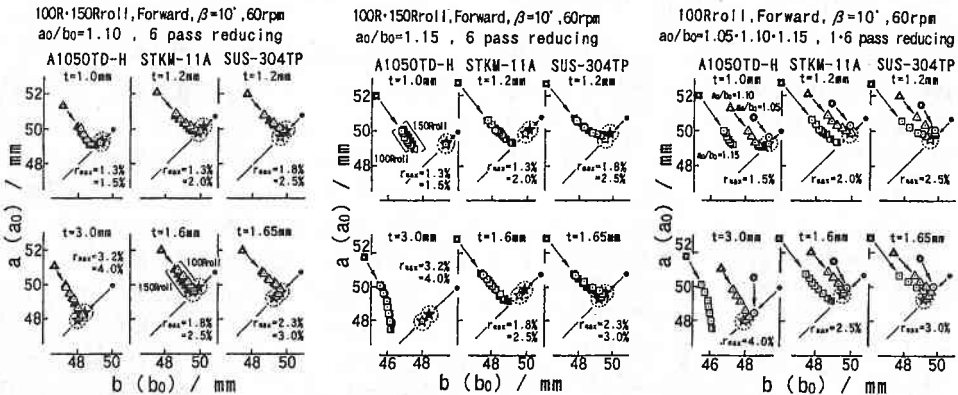


Fig. 8 外径リダクションが縦・横寸法の変化に与える影響 (多パス成形)

4. ま と め

参 考 文 献

電線管の絞り成形技術の開発を目指し、試作した PRR 試験機を用い一連の絞り成形実験を進め、さらに、管横断面の矯正効果に関する検討も行った。その結果、ロール形状(100R・150R)・向き(Forward, Backward)・交差角(β)、素材材質、t/D などの条件因子と成形限界との関係が明らかになった。また、同じ絞り成形が管横断面形状の修正に極めて有効であることがわかった。PRR 成形の矯正効果についてはまだ多くの可能性が残されており、今後さらに検討を進める予定である。

(1993年4月22日受理)

- 1) 木内・新谷：第39回塑加連講論，(1988-10)，433。
- 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。
- 4) 木内・新谷：平3春塑加講論，(1991-5)，337。
- 5) 木内・新谷：第42回塑加連講論，(1991-10)，751。
- 6) 木内・新谷：平4春塑加講論，(1992-5)，279。
- 7) 木内・新谷：第43回塑加連講論，(1992-10)，341。