

サーボ冷間ロール成形機械によるテーパポール成形の基礎的研究

拓殖大学工学部 機械システム工学科

教授 小奈弘

(平成 21 年度一般研究開発助成 AF-2009004)

キーワード : テーパーポール成形, サーボ冷間ロール成形機械

1. 研究の目的と背景

テーパポールの製造は加熱・軟化した真直な電縫鋼管をスピニング加工によって製造する方法と長手方向にテーパ状に切断されたブランク材をプレスブレーキによってUO成形した後に溶接する工程で製造する方法とがある。両成形法とも生産効率が非常に低い点が課題である。特に前者のスピニング加工による方法は加熱を伴うために製造コストが嵩むことは否めない。一方、筆者らは長尺製品の各断面において断面形状が異なるフレキシブル断面材を冷間ロール成形機械によって製造できるサーボ冷間ロール成形機械の開発に成功したが、本サーボ冷間ロール成形機械をテーパポールの製造に適用すれば上記の非生産性、生産コストの課題などが解決できると考えた。本研究はこのような背景からテーパポールを製造するためのサーボ冷間ロール成形機械の開発、および本機械によるテーパポールの成形の可能性を検証したものである。

2. サーボ冷間ロール成形機械

2-1 テーパーポール成形工程

テーパポールの成形は図1に示すように通常の電縫鋼管の成形と同じくエッジバンド成形、ブレイクダウン成形、およびスクイズ成形の工程で行うものとした。しかし、通常の電縫鋼管の成形は真直なパイプ成形であるのに対して本実験はテーパポールであることから成形機械の構造は図2に示すような構成にした。

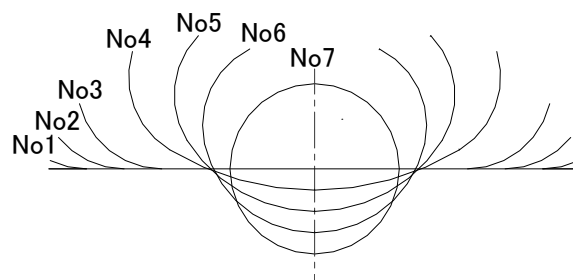


図1 成形工程概略図

2-2 テーパーポール形状

テーパポールの先端部分と後端部分の直径がそれぞれ60mm、70mmであるテーパ状のパイプを板厚さ0.5mmのSPCC材から成形することを目標とした。実験は図2に示すNo.1スタンド1段で成形を行った。No.1のエッジバンド成形は先端側のエッジバンド成形量を5、10、15、および20mmにそれぞれとったとき、後端側のエッジバンド成形量は5.8、11.7、17.5、および23.4mmになるように左右スタンドが断面中央に移動する制御を行った。エッジバンド成形による板端の曲げ半径は先端部、後端部で30mm、35mmである。

テーパ状に切断されたブランク材の形状は図3に示すようである。

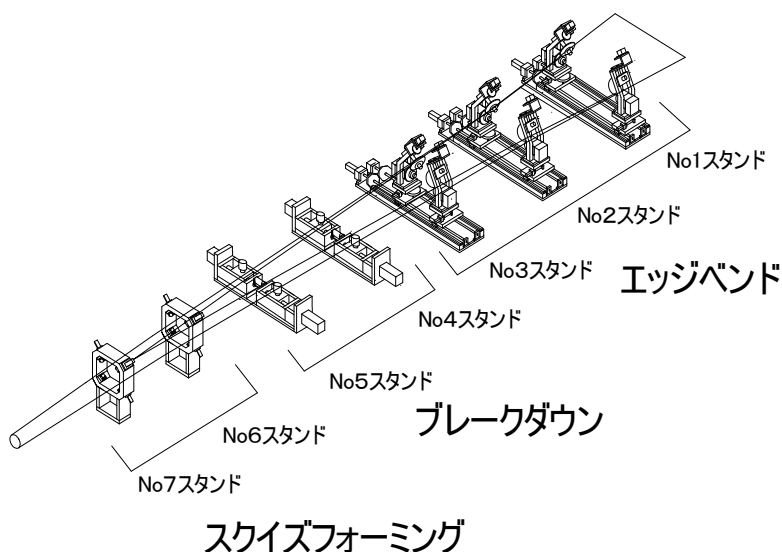


図2 テーパーポール成形装置全景概略図

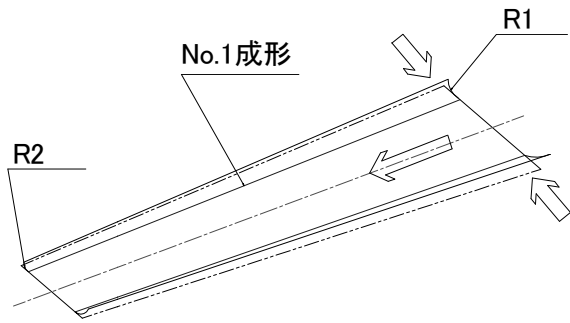


図3 No.1スタンドによるエッジバンド成形

2-3 サーボ冷間ロール成形機械の制御

テーパポール成形実験は図4に示すように板縁成形スタンドと材料送り装置を用いて行った。図中の番号①から⑮は

次のようである。①ブランク材、②ガイドバー、③上下成形ロール、④ロールクリアランス調整サーボモータ、⑤左右スタンド移動用サーボモータ、⑥スタンド方向転換用サーボモータ、⑦下側ロール駆動用三相誘導モータ、⑧ブランク材引張り用三相誘導モータ、⑨ブランク材引張り用ロール、⑩入り口側ガイド、⑪出口側ガイド、⑫ロータリーエンコーダ、⑬リニアエンコーダ、⑭KV1000 CPU、⑮MV サーボアンプである。

図5は実験装置全景である。本装置はエンコーダーによって得られた板幅変化、送り量のパルス信号をKV-1000内蔵のCPUによって演算処理した信号で各種のサーボモータの回転数を制御してスタンドを所定の位置、方向に保持する。このためのラダープログラムは必要である。

図6は本機械の主要動作である。左右スタンドの板幅方向移動、スタンドの方向転換、ロールクリアランス調整の各動作の制御を行ってテーパポールの成形を行う。

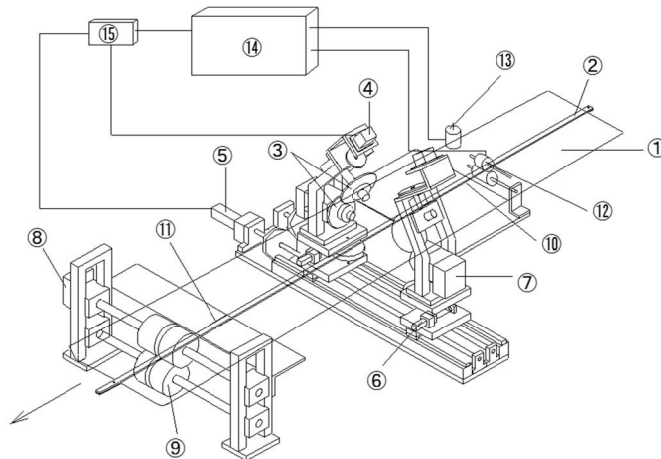


図4 テーパーポール成形実験装置全景

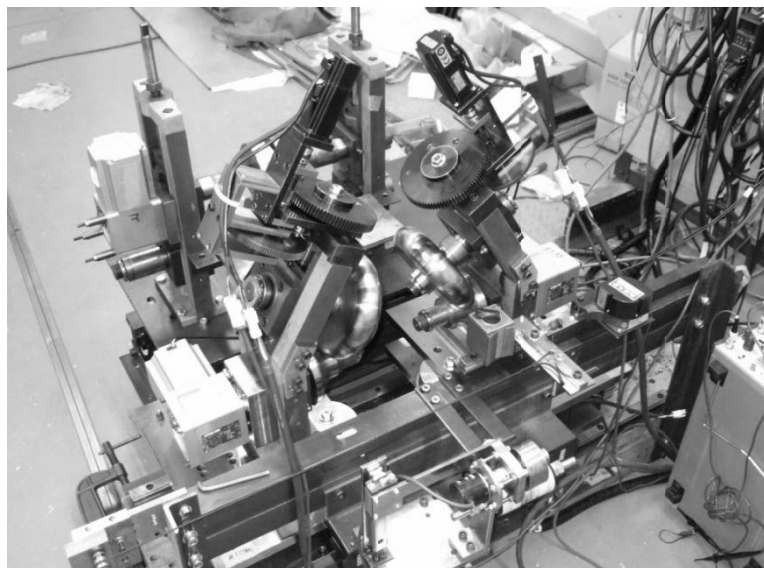


図5 実験装置全景図

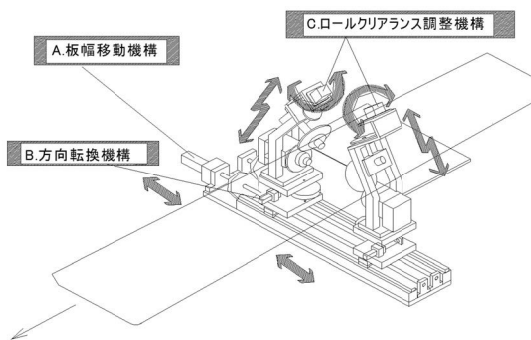


図6 エッジ成形を行う No.1 スタンドの主要動作

3. テーパーポール成形実験

3-1 ロールクリアランス調整

パイプの先端側直径が60mm、後端側直径が70mmであるテーパーポールの成形は、パイプ直径を連続的に太くするためにロールクリアランスを連続的に広げる方法をとった。図7は下ロールに対して60度傾けてセットした上ロールをサーボモーターで間隔調整する様子を示す。ロールクリアランスは上ロールベアリングボックスに取り付けたギャップセンサーによって行ったが、ロールクリアランスと電圧の関係は1ボルト当たり1.52mmである。実験は各ロールクリアランスに対して板縁の曲げ半径との関係を求めた。

ロールクリアランスは表1の5種類で行った。

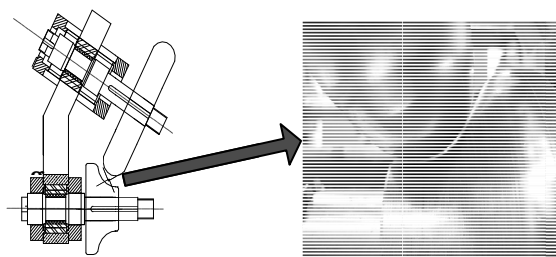


図7 ロールクリアランス調整

表1 ロールクリアランス設定値(単位: mm)

NO	1	2	3	4	5
クリアランス	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5

3-2 板縁曲げ半径の測定

成形された製品の板縁曲げ半径は図8に示す方法で曲げ半径

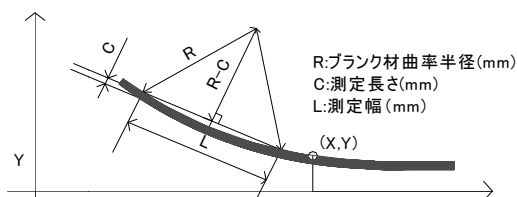


図8 板縁曲げ半径測定

Rを求めた。板縁の曲げ半径測定はL=4mm 間隔におけるx, y座標の値で求めた。

4. 実験結果

4-1 各種ロールクリアランスと板縁の曲げ

図9はロールクリアランスを0.5mm一定の設定で成形を行って得られた製品の場合について、板縁部の水平面からの高さ(縦軸)と板縁部までの距離(横軸)の関係を示している。図はクリアランスが0.5mm一定の場合であるが、表1の各設定クリアランスで得られた製品について図9と同様な方法で整理したのが図10である。

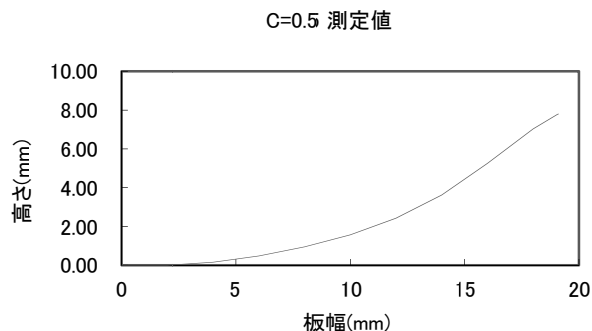


図9 板縁の曲げ状況(ロールクリアランス 0.5mm一定)

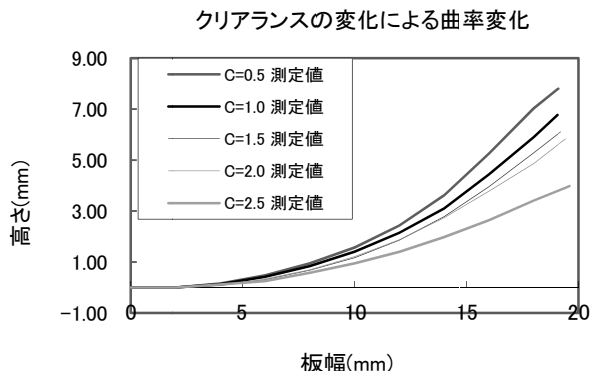


図10 各種ロールクリアランスと板縁曲げ状況

図10で示すように板縁の曲げはロールクリアランスの変化とともに変化することが確認できる。しかし、板縁近傍では円弧状に成形されない。板縁が直線状であることを無視して、円弧

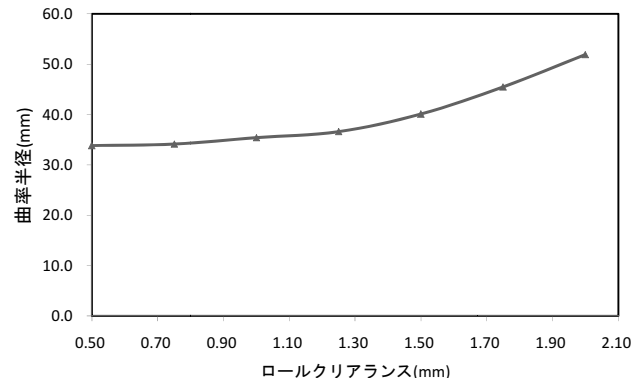


図11 ロールクリアランスと板縁曲率半径
状に成形された部分の半径の値を用いて、各ロールクリアランス

スに対する曲率半径で図 9, 10 を整理したのが図 11 である。

図 11 からロールクリアランスを 0.5 mm から 2.0mm の間で連続的に変化させれば曲率半径が 32mm から 50mm に連続的に変化するテーパポール成形が可能であることがわかる。

4-2 FEM 解析法との比較

図 12 は上下ロールにかみ込まれた板縁の曲げ状態と上下ロール間におけるロールと鋼板の接触状態をしめすシミュレーションである。

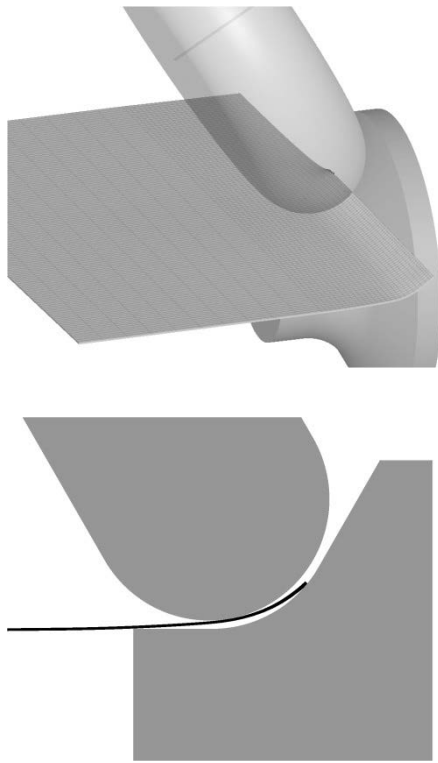


図 12 上下ロールによる板縁曲げ状況のシミュレーション

図 13 は各ロールクリアランスにおけるロールかみ込み時の板縁の曲げ状況である。図 14 は各ロールクリアランスで成形された製品のロール通過後の(スプリングバックを生じたもの)板縁の曲げ状況を示している。

図 13, 14 は板縁の曲がり具合が明確でないため曲率半径で表示したのが図 15, 16 である。

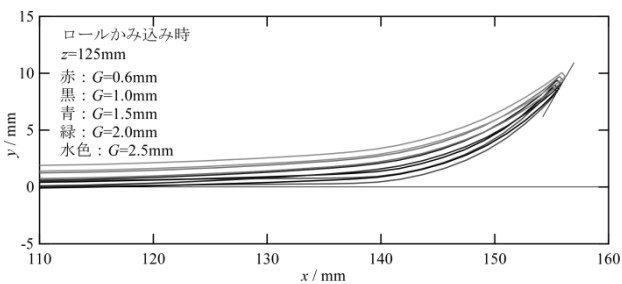


図 13 ロールかみ込み時の板縁曲がり状況

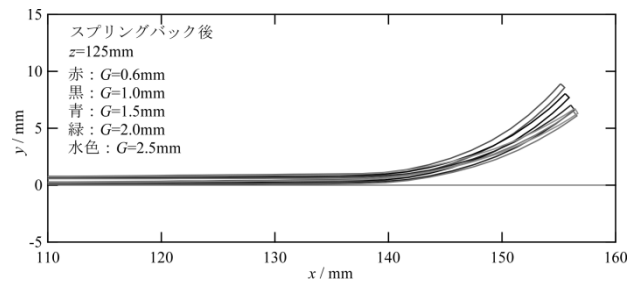


図 14 ロール通過後のロールクリアランスと板縁曲げり状況

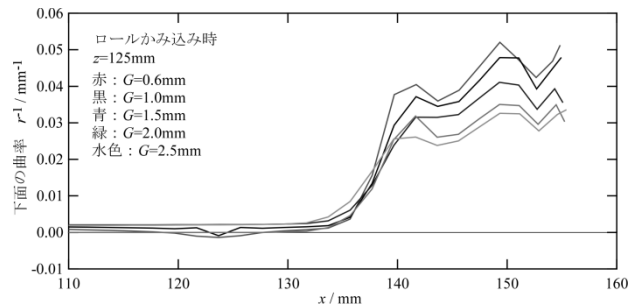


図 15 ロールかみ込み時のロールクリアランスと板縁曲げり状況

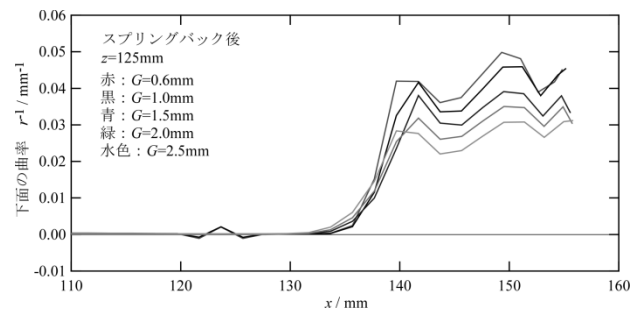


図 16 ロール通過後のロールクリアランスと板縁曲げり状況

図 14 のシミュレーション結果は図 10 の実験結果と傾向は一致しており板縁を完全な円弧に成形できないことがわかる。電縫鋼管の成形では縁曲げを円弧にするために W ベンド工程をとっているがテーパポール成形に W ベンド工程をどのように取り組むかの検討が必要である。

5. 結論

テーパポールを電縫鋼管の製造と同様な工程で成形ができるサーボ冷間ロール成形機械の試作を行った。実験は第一段目のエッジバンド成形について本装置の有効性を確認した結果、ロールクリアランスをサーボモーターで調整することによって連続的に直径が変化するテーパポールを成形することができた。しかし、板縁を完全な円弧にするには更なる検討が必要であるなどのことがわかった。最後に本研究は財団法人天田金属加工機械技術振興財団の一般研究開発助成を受けて行われたものである。ここに記して感謝の意を表します。