

ブレークダウン成形における素板の変形挙動に関する数値解析 (2)

Numerical Analysis of Deformation of Metal Sheet at Breakdown Forming Stage (2)

木内 学*・王 飛舟*
Manabu KIUCHI and Feizhou WANG

1. はじめに

筆者らは、breakdown 成形における素板の変形挙動を解明するため、有限変形弾塑性FEMを用いて理論解析を進めている。前報¹⁾では、各ロールのプロフィールが均一な曲率を持つ場合の成形モデル (circular forming) を設定し、素板の変形挙動の弾塑性解析を試みた結果を報告した。実際には、生産性を高めるために、ロールプロフィールとしてより兼用性の高い曲線 (形状) を採用するのが普通である。例えば、生産性とロールの共用性に優れていると言われる FMill においては、ロールプロフィールとして、polygon をベースとする involute 曲線を採用している (involute forming)²⁾。そこで本報では、この involute forming の特徴を持つ成形モデルを設定し、break down 成形における素板の変形挙動に関する検討を行ったので、以下に報告する。

2. 解析モデル及び解析条件

前報と同じく、素板の変形を平面ひずみ問題と近似し、Fig. 1 に示すような解析モデルを設定した。但し、上下ロールのプロフィールは円弧ではなく、involute 曲線である。この involute 曲線の設計基準としては、pinch point での上下ロールプロフィールの曲率をそれぞれ目標とするパイプの内外面曲率に等しくし、この値を中心として最大曲率、最小曲率を Table 1 に示す範囲で与えるものとした。また、上下ロールを水平方向に移動することによって pinch point の位置を調整する場合を対象とした。

解析条件をまとめて Table 1 に示す。前報と同じように、摩擦係数、素板材質及び pinch point の位置をそれぞれ三種類選び、それらを組み合わせた各成形条件下で解析を行った。

*東京大学生産技術研究所 第2部

Table 1 Conditions of analysis

size of pipe	R=50mm	L=πR	t=3mm		
size of rolls	R1=0.4~1.2Ri R2=0.6~1.5Ro R3=3R	Ri=R-t/2 Ro=R+t/2			
position of pinch point Lp	5%L	8.5%L	12.5%L		
frictional coefficient μ	0.0	0.05	0.1		
material		σ _y	E	ν	H'
	SPCE@	181MPa	206GPa	0.3	1370MPa
	SS400	309MPa	206GPa	0.3	780MPa
	SUS304	367MPa	193GPa	0.3	1760MPa

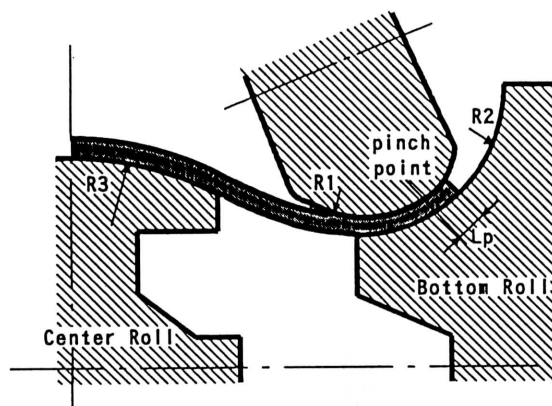


Fig. 1 Model of analysis

3. 解析結果及び考察

上述の条件下での素板の変形挙動の基本的な特徴は前報で報告した結果と比べて、大きな違いが見られない (Fig. 2, Fig. 3 参照)。但し、circular forming の場合には、pinch point の両側の曲率分布に overbending の傾向が見られたが、involute forming の場合には、ロールプロフィールの曲率が pinch point から外側に向かって大きくなり、内

研究速報

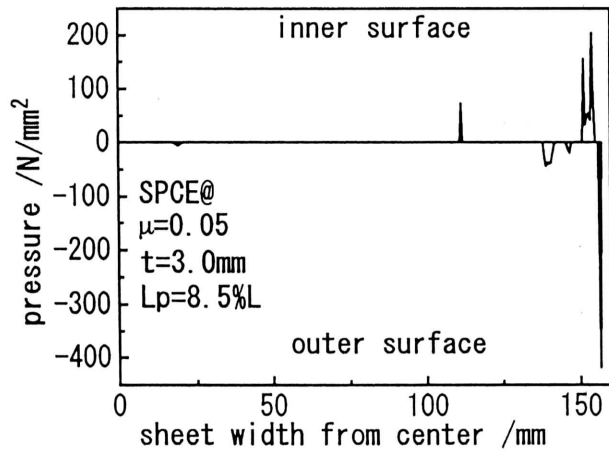


Fig. 2 Pressure distribution

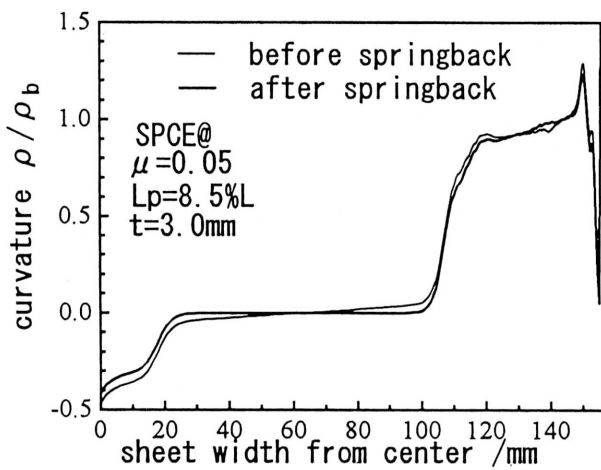


Fig. 3 Curvature distribution

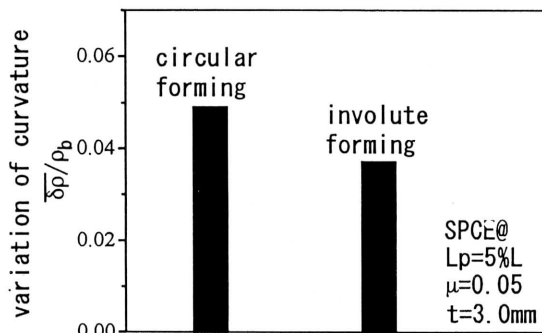


Fig. 4 Average variation of curvature at edge portion due to springback

側に向かって小さくなるため、pinch pointの外側のみ overbending の傾向が見られる。特に注目すべき点は、involute forming の場合、springback による素板縁部の曲率

変化が小さくなるため、pinch pointの外側のみ overbending が見られる。Fig. 4は、素板端面から5tの長さの範囲で springback 前後の曲率変化の平均値を示したものである。この図から、involute forming の場合には、springback による縁部の曲率変化が抑制されることが分かる。

3.1 pinch pointの位置の影響

前報では、circular forming の場合、pinch point の位置の変化によらず、素板縁部の曲率分布はほぼ同じという結果を得た。一方、FFmill においては、pinch point の位置が縁部の成形度にかなり大きな影響を及ぼすことが報告されている³⁾。そのため、pinch point の位置が素板の変形挙動に与える影響について検討した結果を以下に示す。Fig. 5 と Fig. 6 に示すように、接触領域及び接触圧力分布の‘重心’は pinch point の移動に従って移動する。これに応

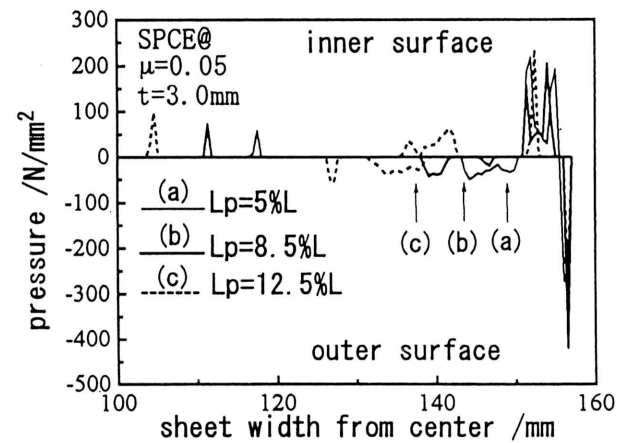


Fig. 5 Pressure distribution at edge portion

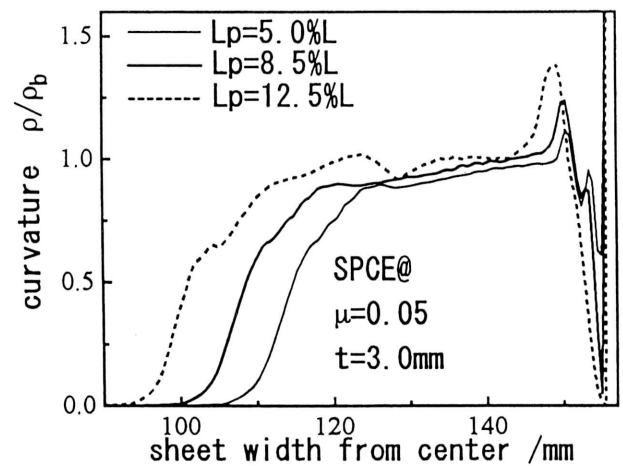


Fig. 6 Curvature distribution at edge portion after springback

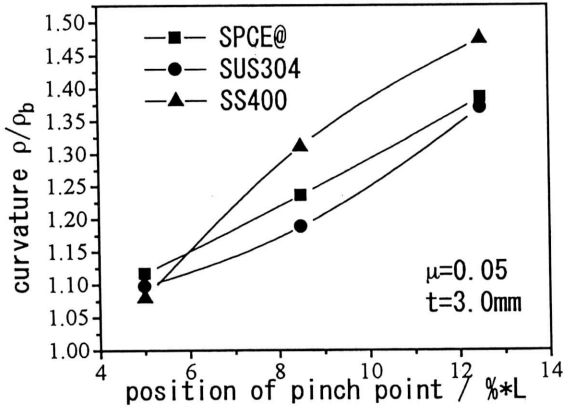


Fig. 7 Effect of pinch point position on the maximal curvature at edge portion

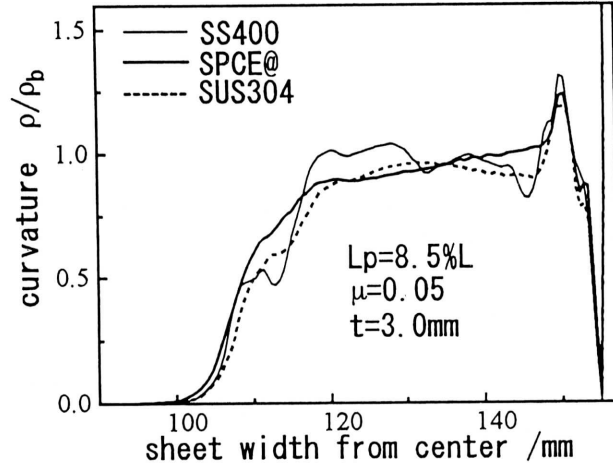


Fig. 10 Curvature distribution at edge portion after springback

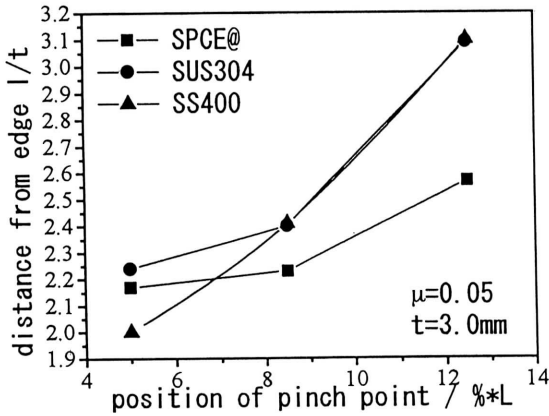


Fig. 8 Effect of pinch point position on position of maximal curvature at edge portion

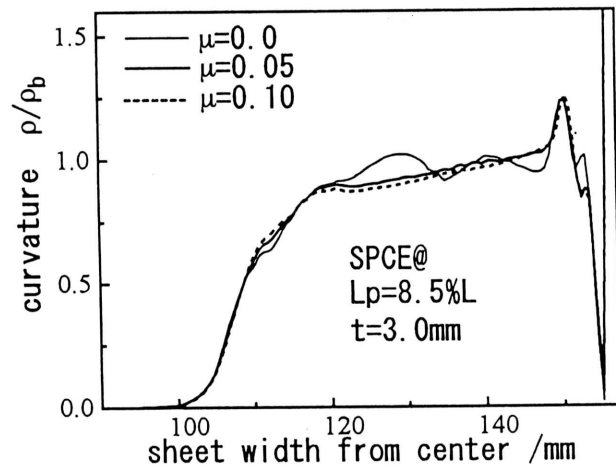


Fig. 11 Curvature distribution at edge portion after springback

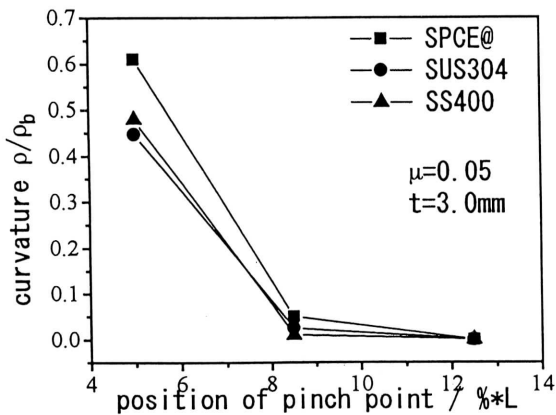


Fig. 9 Effect of pinch point position on the minimal curvature at edge portion

て、縁部の曲率分布も大きく変化する。具体的には、Fig. 7に示すように、pinch pointが板縁に向かって移動すると、縁部の曲率の最大値が小さくなり、overbendingの傾向が少なくなる。また、通常、曲率の最大値が発生した位置から板端に向かって、曲率が急に小さくなる（edge damageの影響を除く）部分が発生するが、この曲げられない部分の長さも pinch pointが板縁に近づくほど短くなることは Fig. 8 から分かる。さらに、Fig. 9 より pinch pointの移動に従って、この部分の曲率の最小値が大きくなることもわかる。一方、pinch pointが板縁に移ると、pinch pointより内側の部分の成形度がある程度悪くなることに注意しなければならない。

研究速報

3.2 材質の影響

前報と同じように、素板材質の機械的特性の中で、変形挙動に与える影響としては、加工硬化の影響が最も大きい。SUS304材及びSPCE@材と比べて、SS400材は硬化係数が小さく、塑性変形が不均一になり易いため、Fig. 10に示すように、素板縁部の曲率分布には局所的な変化が現れる。

3.3 摩擦の影響

Fig. 11から、 $\mu = 0.05$ 及び $\mu = 0.1$ の場合は、素板縁部の曲率分布はほぼ同じであるが、 $\mu = 0$ の場合は、素板が幅方向には拘束を受けにくくなり、ロール面に対して滑り易いため、変形が局所的に変わり易くなる。その結果、素板縁部の曲率分布は摩擦が存在する場合より細かく変化する。これも前報の結果と一致している。

4. ま と め

本報では、involute forming の場合の breakdown 成形

における素板の変形挙動と各加工条件との関係について数値解析を行い、次のような知見を得た。

- 1) 全般的に見て、involute forming は素板縁部の成形度向上に好ましい。
- 2) 諸加工条件因子の中で、素板縁部の曲げ変形に対して、pinch point の位置が最も大きな影響を与える。他方、pinch point の位置の調整によって、素板縁部に均一かつ設計値に近い曲率分布を付与することができる可能性がある。
- 3) 摩擦及び素板材質の影響については、circular forming の場合とほぼ同じであると考えることができる。

(1995年10月9日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内ほか：平7春塑加講論，(1995)，413.
- 2) 蔵本ほか：第42回塑加連講論，(1991)，105.
- 3) 蔵本ほか：第45回塑加連講論，(1994)，219.