

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 (1)

Numerical Analysis of Deformation of Metal Sheet at Breakdown Stage (1)

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

1. はじめに

電縫管のロールフォーミング加工のうち、breakdown 成形は素板の縁曲げをはじめとする一連の幅方向曲げ加工を目的としているが、実際には各加工因子と素板の変形状態との関係は複雑である。更に springback の影響が大きいため、特に成形後の半製品の縁部に適切な曲率分布を与えることは容易ではない。筆者らは、breakdown 成形における加工条件と素板の変形挙動との関係を解明することを目指し、有限変形弾塑性 FEM を用いて研究を進めている。本研究の第一報として、本報では、まず 2 次元モデルを設定し、springback を含む素板変形挙動の弾塑性解析を試みた結果を報告する。

2. 解析モデル及び解析条件

本報では、素板の変形を平面ひずみ変形として近似し、Fig. 1 に示す解析モデルを設定した。凹ロール、凸ロールのプロファイルはそれぞれ一様な円弧である。ロールの配置及び寸法によって素板の接触開始位置を決定し、この位置

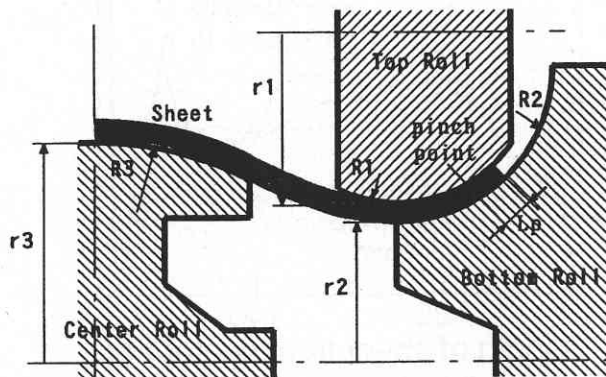


Fig. 1 Model of analysis

*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=150mm	r2=150mm	r3=170mm		
	R1=R-t/2-t/10	R2=R+t/2	R3=3R		
position of pinch point Lp	5%L	10% [*] L	15%L		
frictional coefficient μ	0.0	0.05 [*]	0.1		
material		σ _y	E	ν	H'
	SPCE0 [*]	181MPa	206GPa	0.3	1370MPa
	SS400	309MPa	206GPa	0.3	780MPa
	SUS304	367MPa	193GPa	0.3	1760MPa

から成形終了の位置までロールを押し込んでいく過程を解析する。また、成形終了時の位置から各ロールを逆方向に移動させ、曲げ加工を受けた素板が springback した状態を得る。

解析条件をまとめて Table 1 に示す。*を付した値は標準値である。

3. 解析結果及び考察

まず、上述の条件下での素板の変形挙動の一般的な特徴を示す (Fig. 2, Fig. 3 参照)。Fig. 2 から明らかなように、成形終了時に接触圧力は主として上下ロールに挟まれた素板縁部に集中し、素板の極縁部には面圧の最大値が発生する。一方、素板と中央ロールとの接触圧力は非常に小さいと云える。このような接触状態に対応して、成形終了時に上下ロールギャップにある素板の部位はよく曲げられ、下ロール面の曲率 ρ_b に近い外表面曲率分布を得る。但し、板端から 2~3t 程度の領域においては、曲げモーメントが小さいため、曲率が急に下がるが、極縁部には、edge damage の影響を受けて見かけ上大きな曲率が現れる。

研究速報

Springback 後の形状については、次のことが分かる。上下ロールギャップでは、素板が上、下ロールとそれぞれ幾つかの箇所で接触し、接触領域は連続ではない。その際、

上下ロールに強く接触した領域間の素板部位が overbending の傾向を示す。また、中央ロールと上下ロールとの間の素板には完全に平板状に回復する部分がある。素板の縁部は、springback 後、部位によって曲率が大きくなったり、小さくなったりするが、基本的な特徴は springback 前と変わらない。

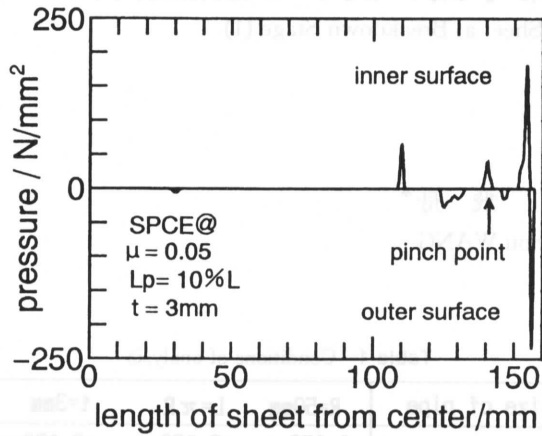


Fig. 2 Pressure distribution

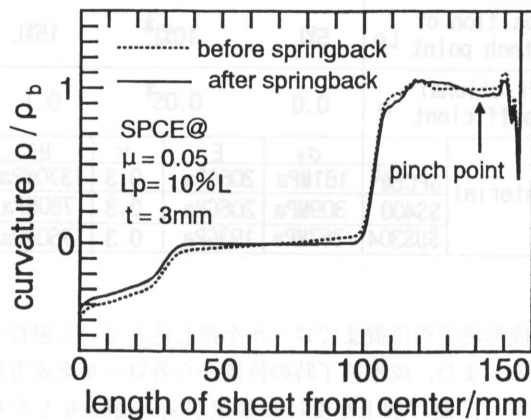


Fig. 3 Curvature distribution

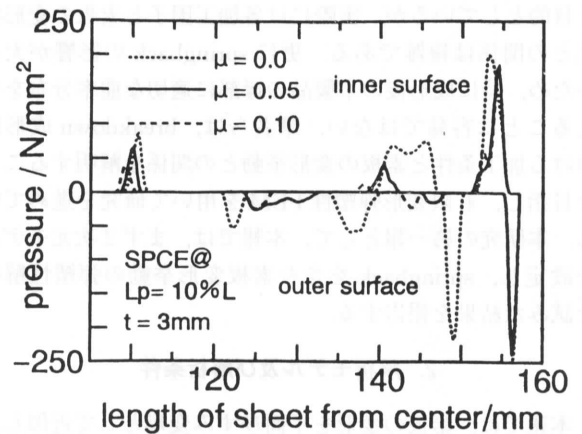


Fig. 4 Pressure distribution on edge portion

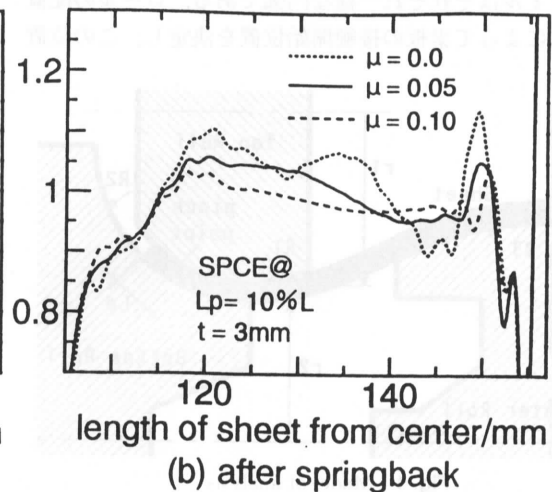
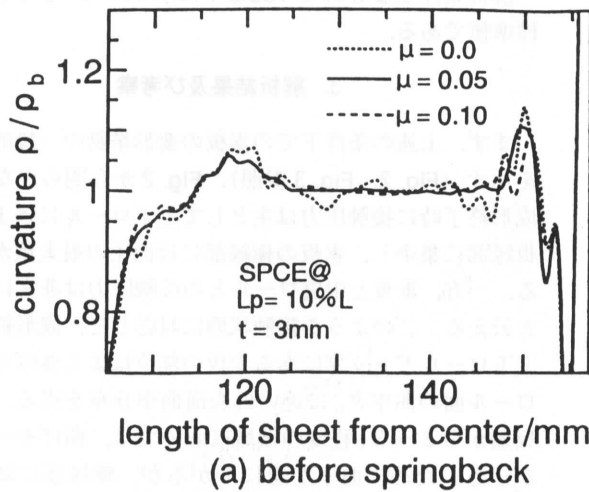


Fig. 5 Curvature distribution on edge portion

1) 摩擦係数の影響

Fig. 4 に示すように、摩擦係数の大きさによって素板とロールとの接触状態は変化する。μ = 0 の場合、素板はロール面に対して滑り易いので、素板の変形モードが μ > 0 の場合と異なり、ロールとの接触領域の広さ及び数が増える。そのために縁部の曲率分布も大きく変化する (Fig. 5(a) 参照)。逆に、μ が大きい時、素板は幅方向にも拘束を受けるため、ロールギャップになじんだ変形形状となり易く、弾性回復量も小さくなる (Fig. 5(b) 参照)。

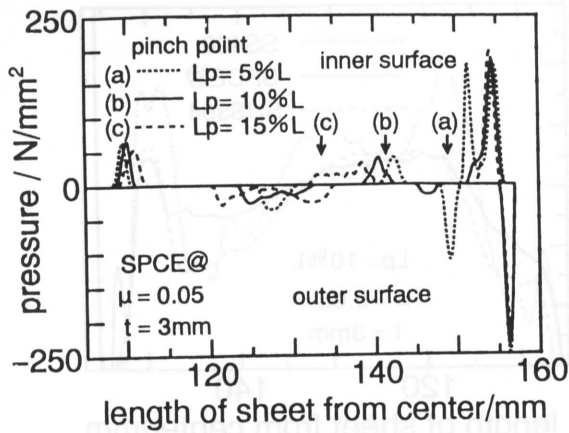


Fig. 6 Pressure distribution on edge portion

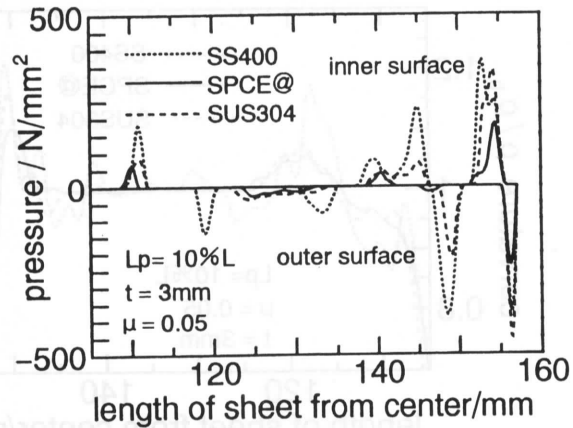


Fig. 7 Curvature distribution on edge portion

2) pinch point の影響

Pinch point の移動に従って、素板とロールとの接触領域が左右へ変化する (Fig. 6 参照). pinch point が素板の幅中央に向かって移動する時、pinch point の両側には広くて面圧の低い接触領域が生じる. 一方、pinch point が縁に向かって移動する時、pinch point の近傍に面圧が高い接触領域が出来る. しかし、このような接触状態の変化は素板縁部の曲率分布に大きな影響を与えないことが Fig. 7(a) からわかる. pinch point が縁へ移っても、曲げが不十分な端部の長さはほとんど変わらない. 更に、Fig. 7 (b) に示すように、springback した後、素板縁部はほぼ同じ曲率分布を示す.

3) 材質の影響

Fig. 8 から見ると、初期降伏応力 σ_y 及び加工硬化係数 H' の大きい SUS 304材の方が SPCE@材より接触圧力は

大きい、接触領域の分布そのものは似ていることが分かる. これに対応して、成形終了時の曲率分布も大体同じである (Fig. 9(a) 参照). ただし、弾性限の高い SUS 304材は弾性回復量が多い (Fig. 9(b) 参照). 一方、 σ_y は大きい、 H' が小さい SS 400 材は複雑な接触状態を示し、SPCE@材及び SUS 304材と比べて、接触領域の数が増える上、面圧も高くなる. また、これに対応して、spring-back 前後の曲率分布にも細かな変化が現れる.

4. ま と め

本報では、有限変形弾塑性 FEM を用いて、breakdown 成形における素板の変形挙動について数値解析を行った. その結果、以下のことが明らかになった.

- 1) breakdown 成形時には、加工条件によって素板とロールとの接触状態及び素板縁部の曲率分布は変化する.
- 2) 摩擦係数の大きい方が素板の縁曲げに有利である.

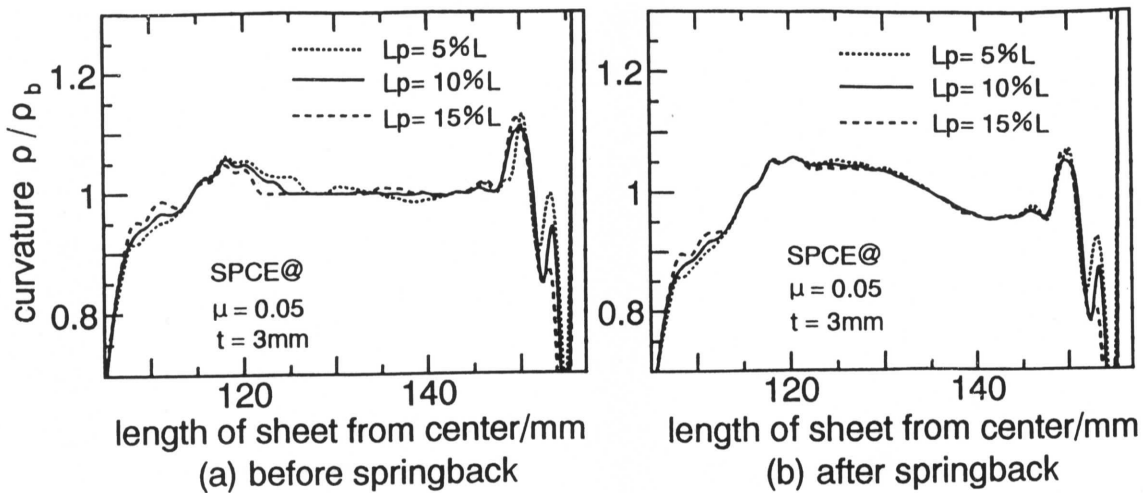


Fig. 8 Pressure distribution on edge portion

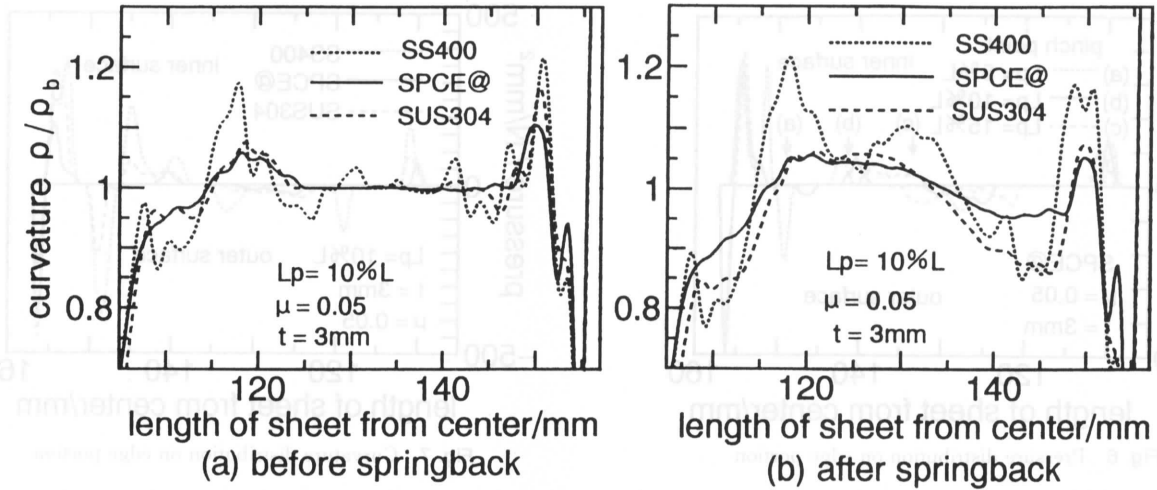


Fig. 9 Curvature distribution on edge portion

- 3) 凹ロール, 凸ロールのプロフィールが一樣な円弧である本報の解析モデルでは, pinch point 位置の変化による縁曲げへの影響があまり見られない.
- 4) 素板の機械的特性の影響については, 初期降伏応力より加工硬化係数の影響が大きい. また,
- 5) 当然のことながら弾性限の高い材料が大きな弾性回復

を示す. (1995年7月25日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内学・柳本潤・王飛舟:平6春塑加講論, (1994), 189.
- 2) 牧野内 昭武:理研報告, 66(1990), 30.

