研究速報

厚板V形材のロール成形に関する数値解析Ⅲ

—ロール成形実験結果との比較検討—

Analysis of Roll-Forming of V-Type Heavy Gauge Sections Ⅲ
—Comparison between Analysis and Experiment—

木内　学*・中越和人*
Manabu KIUCHI and Kazuto NAKAGOSHI

1. はじめに

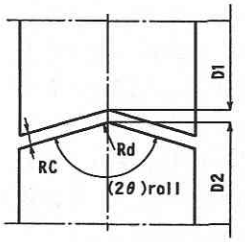
近年，ロール成形時の素板の変形挙動に関する数値解析が，種々の方法でおこなわれている[1),2)]．しかし対象となる素板は薄板材であることが多く，厚板材の成形については研究が少ないのが実状である．筆者らは，2次元，3次元剛塑性有限要素法により，厚板成形の中でも基本的なV形材のロール成形に関する数値解析をおこなってきた[3)–5)]．本報では，これまでおこなってきた数値解析の妥当性を調べるため，厚板V形材のロール成形実験をおこない，断面形状，成形荷重について解析結果との比較検討をおこなったので，その結果について報告する．

2. 実験内容

図1は，実験に用いたロール形状を示す．ロール曲げ角$(2\theta)_{roll}$は150°，120°，90°の3種類である．実験機は，入り側にガイド（上下，左右を規制）を有する単スタンドの成形機である．各パスでの曲げ角度増分を30°とし，複数パスの成形はロールを組み替えておこなった．成形荷重は，下ロールチョック下部に設置したロードセルにより測定した．**表1**に実験条件を示す．ロールクリアランスRCは，成形前に設定した値であり，成形時にはロールジャンプが生じるので，クリアランスは若干増大する．

3. 解析内容

非定常3次元剛塑性有限要素法を用い，前報[5)]と同じ解析モデルにより計算をおこなった．実験の場合と同様に，1パスでの曲げ角度増分を30°とし，120°材に成形するときには2パス，90°材に成形するときには3パスの計算をおこなった．解析条件を**表2**に示す．実験結果より，成形時に生じるロールジャンプ量ΔRCは0.5～0.8 mm程度であることから，解析ではロールクリアランスRCとしては（板厚t）～（板厚t＋1.0 mm）の範囲で3通りの条件を設定した．



	(2θ)roll/°	D1 /mm	D2 /mm	Rd /mm	RC /mm
#1	150	184	216	3	1.0t
#2	120	180	224	3	1.0t
#3	90	160	228	3	1.0t

図1　ロール形状

表1　実験条件

Sheet material	SS400　SUS304
Sheet size(width×thickness ×length)/mm	100×5.7×1000 (SS400) 100×6.2×1000 (SUS304)
Roll clearance RC/mm	1.0t
Forming speed /m/min.	0.75～4.5
Roll angle (2θ)roll /°	150　120　90

表2　解析条件

Sheet material	SS400　$\bar{\sigma}$=309.0+780.0$\bar{\varepsilon}$ SUS304　$\bar{\sigma}$=367.0+1760.0$\bar{\varepsilon}$
Sheet size(width×thickness ×length)/mm	100×5.7×300 (SS400) 100×6.2×300 (SUS304)
Roll clearance RC/mm	1.0t　1.0t+0.5　1.0t+1.0
Forming speed /m/min.	5
Roll angle (2θ)roll /°	150　120　90
Friction coefficient μ	0.1
Number of nodes (x/y/z)	750(15/10/5)

*東京大学生産技術研究所　第2部

4. 解析結果と実験結果との比較

4.1 成形後の断面形状

図2に成形後の断面形状に関する解析結果と実験結果との比較を示す．解析結果は，ロール直下における断面形状（ロールクリアランスRC＝板厚t＋0.5 mm）であり，実験結果は，成形後の製品を，長手方向の中央部で切断した断面形状である．解析結果は実験結果の形状をよく再現しており，厚板V形材の成形の場合は，成形後の弾性回復が微量であり，素板を剛塑性体とみなして解析しても差し支えがないことがわかる．

図3に相対辺長さl^*（＝(成形後の辺長さl)/(成形前の素板の板幅×1/2)）を示す．実験結果は，左右の相対辺長さの平均値を示す．横軸にはロールクリアランスRCと板厚tとの比RC/tが表示してあるが，実験機の剛性率より計算したロールジャンプ量を加算してある（**図4～6**についても同様である）．解析結果より，ロールクリアランスRCが増大すると，相対辺長さl^*はわずかながら増大する傾向があることがわかる．実験結果のl^*は，解析結果よりも最大で1～2％ほど大きいが，実際の長さで1 mm程度の差であり，両者はよく一致しているといえる．

図4に曲げ成形度f（＝(成形後の曲げ角θ')/(ロールの曲げ角(θ)roll）を示す．解析結果では，ロールクリアランスRCの増大とともに，曲げ成形度fは低下する．実験結果を解析結果と比較すると，曲げ角$2\theta'=150°$の場合に，1.2°ほど誤差があるものの，$2\theta'=120°$，90°の場合はよく一致している．

図5に折り曲げ部における最大板厚減少率γmaxについて示す．当然のことながら，ロールクリアランスRCの増大とともに，最大板厚減少率γmaxは減少する．実測した

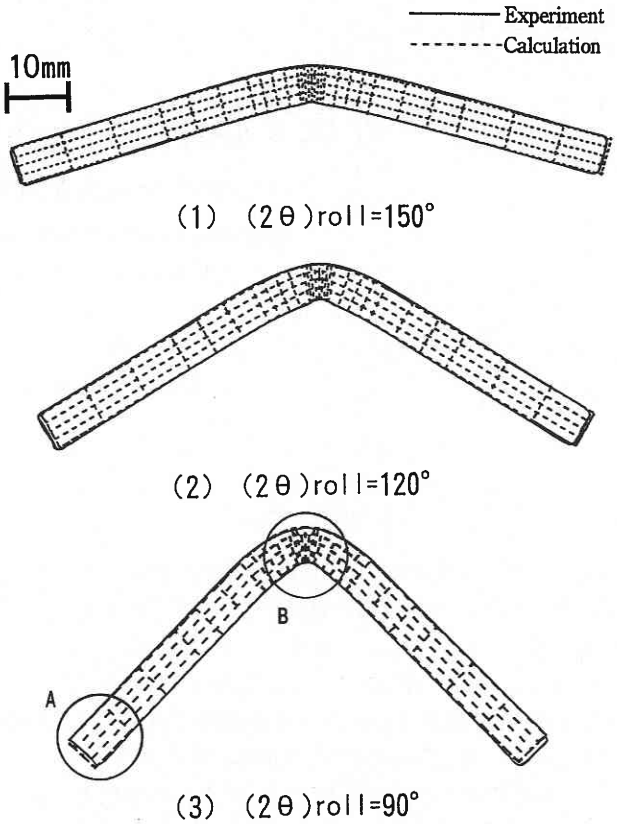


図2　成形後の断面形状の比較(SUS304)
（1）（2θ)roll＝150°
（2）（2θ)roll＝120°
（3）（2θ)roll＝90°

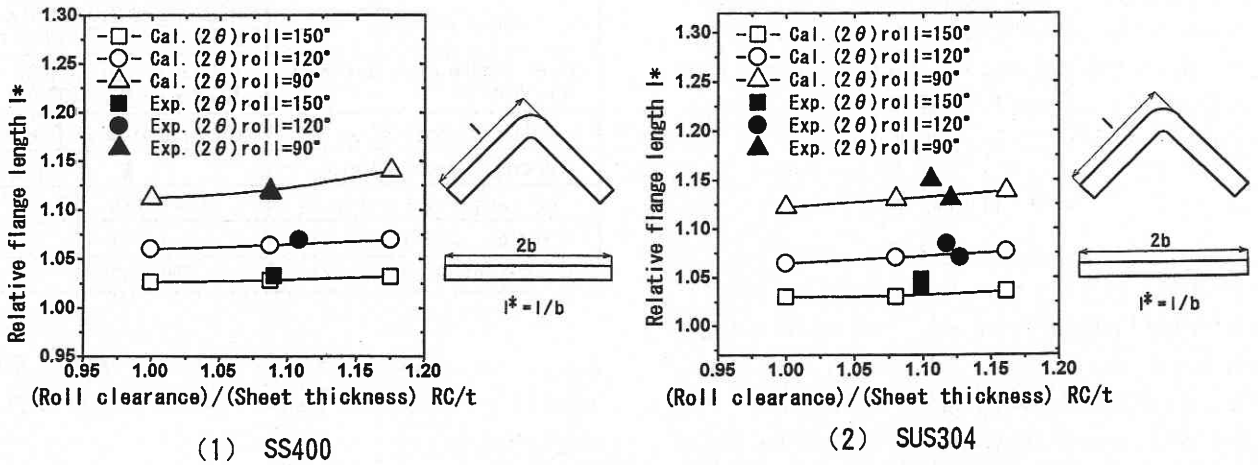


図3　辺長さl^*の比較

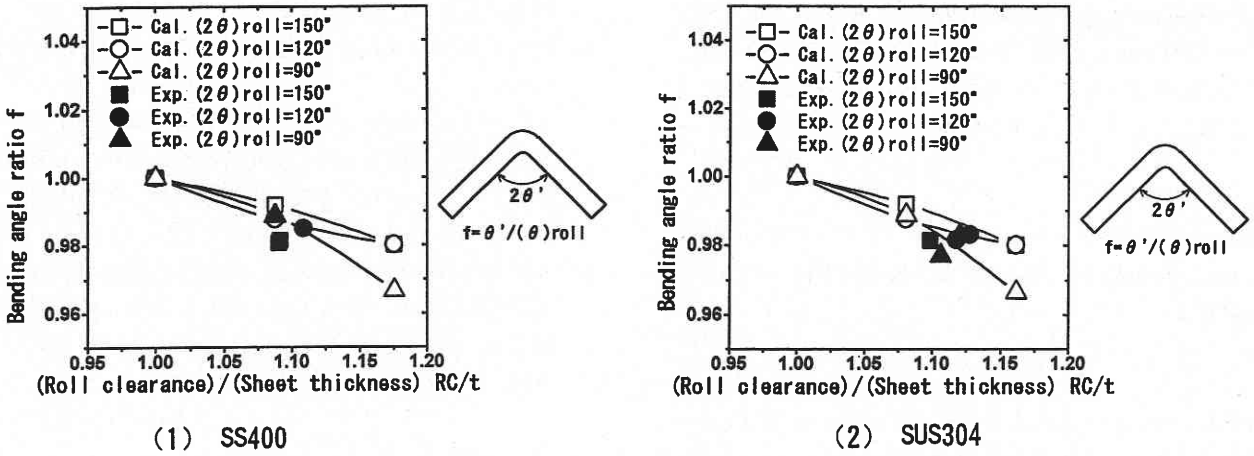


図4　曲げ成形度 f の比較

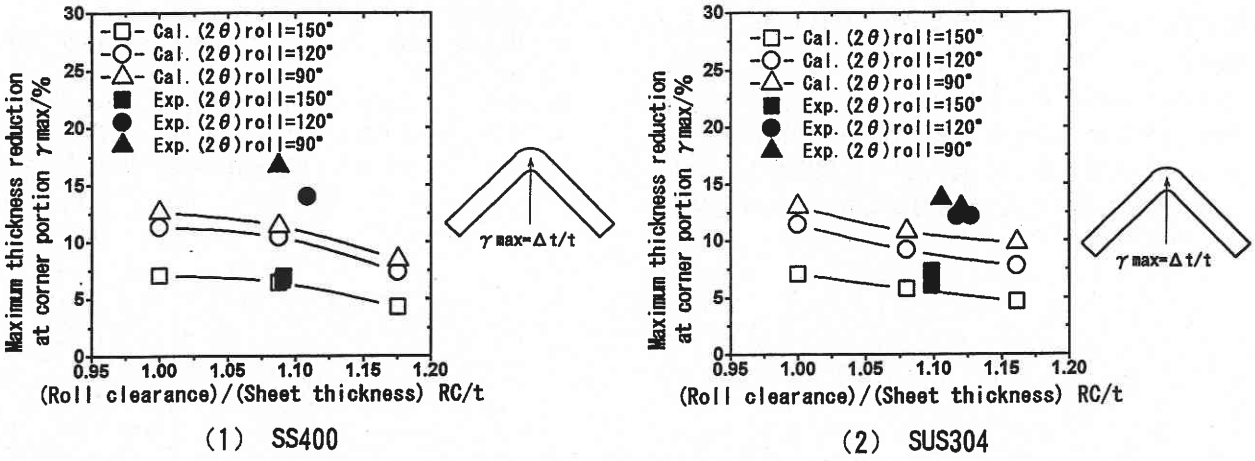


図5　折り曲げ部における板厚減少率 γmax の比較

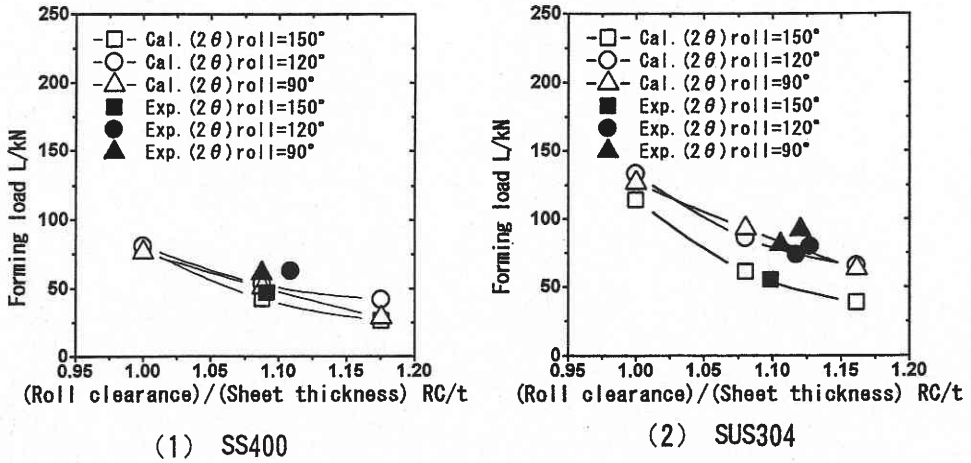


図6　成形荷重Lの比較

研　究　速　報

最大板厚減少率 γ_{max} は解析結果に比して，2～4％程度（0.12～0.24 mm）大きい．この結果より，実成形では，折り曲げ部におけるロール先端部の食い込みが，解析で予想した以上に大きいことがわかる．

4.2　成形荷重L

図6に成形荷重を示す．ロールクリアランスRCの増大とともに，成形荷重Lは減少する．解析結果は，実際の荷重とおおよそ一致している．

5. ま　と　め

厚板V形材のロール成形について，解析，実験の両面から検討を進め，次のような結果を得た．

1）解析結果で予測した辺長さlは，実験結果におおむね一致する．

2）解析結果で予測した曲げ角$2\theta'$は，実験結果と比べ，曲げ角が浅い時には1°程度の誤差が生じるが，曲げ角が大きい場合にはおおむね一致する．

3）解析結果で予測した折り曲げ部の最大板厚減少率 γ_{max} は，実験結果と比べ，2～4％程度小さい．すなわち実際の成形では，解析結果よりもロール先端部の食い込みの影響が大きい．

4）解析で得られた成形荷重Lは，実測値におおむね一致する．

5）1）～4）の結果より，厚板V形材のロール成形では，材料を剛塑性体とみなして解析をおこなっても差し支えない．すなわち，薄板の場合と比べ，素板の弾性域がロール成形後の形状に及ぼす影響は少ないといえる．

6）ロールクリアランスRCが，成形後の断面形状に与える影響は大きい．すなわち，解析により正確な形状予測をおこなうためには，成形時のロールジャンプ量 ΔRC を把握しておくことが必要である．

（1996年3月22日受理）

参　考　文　献

1）例えば，小野田義富・長町拓夫・中込章浩・河野光雄：46回塑加連講論，(1995)，367.
2）例えば，木内　学・王　飛舟：46回塑加連講論，(1995)，369.
3）木内　学・中越和人：45回塑加連講論，(1994)，211.
4）木内　学・中越和人：平7春塑加講論，(1995)，415.
5）木内　学・中越和人：46回塑加連講論，(1995)，371.