

# 軽量化を目的とした肉厚の異なる断面形状の冷間ロール成形法

小山工業高等専門学校 機械工学科  
 助教授 渡利 久規  
 (平成10年度研究開発助成 AF-1998020)

キーワード：軽量化，冷間ロール成形，部分圧延

## 1. 緒言

構造物の部材として使用されている型鋼は，一般的に強度の最も必要な部分を基準として，肉厚を均一に設計する。しかし，この考え方では強度がそれほど必要でない部分の板厚も大きくなり，地球環境を考慮した加工技術の観点から考えると，全体の重量が大きくなるため，部材の軽量化を困難にすることになる。

製品の軽量化は製造業において重要な課題の一つであり，例えば，村田ら<sup>1)</sup>は，断面形状を制御できるCNC押し出し加工機を使用して，断面形状が変化する矩形管の押し出し加工について報告している。また，藤井，西村ら<sup>2)</sup>は，型材の強度に及ぼす影響を調査するため，6000番系のアルミニウム材を用いて，引張り試験，曲げ試験を行い，合わせて部材のエネルギー吸収性についても言及している。

本研究では，構造物の軽量化に適した型鋼を製造するために，型鋼の断面の一部を部分的に圧延して肉厚を変化させると同時に加工硬化させることで軽量化に適した型鋼を製造することを試みた。板材の部分圧下については，リードフレーム用銅合金に対して，部分圧下を利用して拡幅圧延する方法が斎藤ら<sup>3)</sup>によって提案され，その有効性が確認されているが，本研究では，これとは逆な考え方で板の幅がりを極力押さえて，板材の断面に塑性変形を与えるプロセスに着目した。

本報では，部分圧延に用いるロール形状，加工条件が成形品の曲げ強度，形状精度に与える影響について調査し，従来のロール成形ラインに軽圧下加工複合した加工プロセスにおいて，どのようなプロセスが部材の軽量化に有効であるかについての検討を行っている。

## 2. 実験方法

### 2-1 成形断面形状及び冷間ロール成形機

Fig.1 に示すハット型鋼を，軸径  $\phi 30$  の冷間ロール成形機，全6段(スタンド間隔  $L=180\text{mm}$ )で成形した。なお，一段目には Fig.2, Fig.3 圧延用のロールを設置して，一段目に部分圧延された板材を残り5段でハット型に成形している。

### 2-2 部分圧延ロールの形状

Fig.2, Fig.3, には実験で使用した4種類の部分圧延用のロール形状を示している。Fig.2 に示すロールの中央部には Fig.3 に示す凸部があり，4種類の形状を有している。

### 2-3 供試材料

実験では，板厚  $0.4\text{mm}$ ，板幅  $69\text{mm}$  のアルミ材

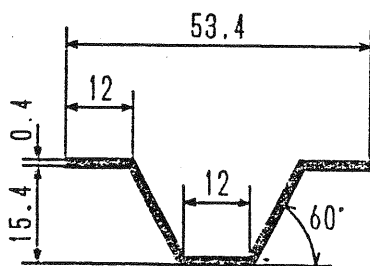


Fig. 1 成形断面形状

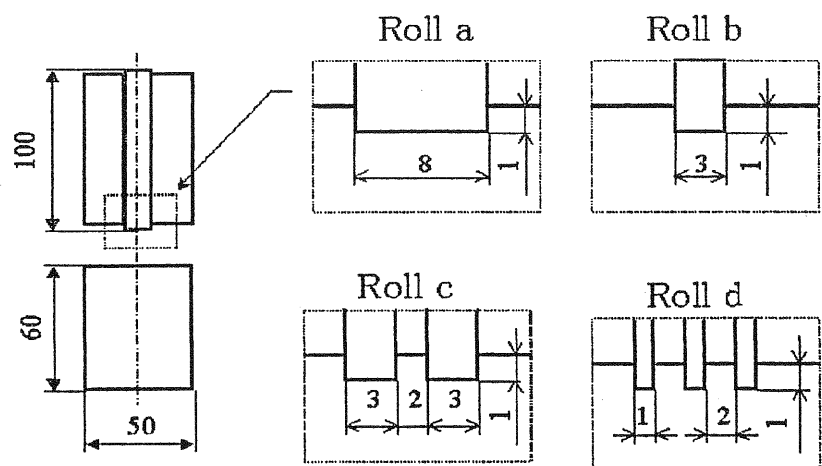


Fig.2 圧延ロール

Fig.3 圧延ロール形状

A1050 を用いて実験を行った。

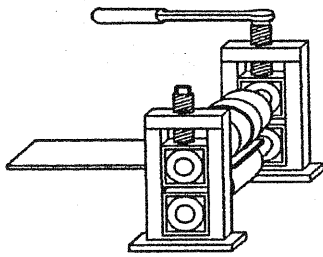


Fig.4 締め付けトルクの調整

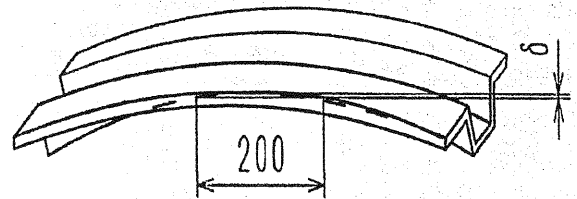


Fig.5 そり量の測定

#### 2・4 部分圧延ロールの圧下調整

Fig.4 に示すように一段目の圧延ロールの真下で、素材を挿入した状態でトルクレンチにより一定量の圧下調整を行った。このときの締め付けトルクは、20, 40, 60, 80(kgf・cm)の4種類であり、それぞれの締め付けトルクを、各ロールの凸ロール幅(mm)×単位長さ(1m)で除した、単位接触面積あたりの荷重(kgf/mm)を Table 1 に示す。

Table 1 ロール締め付けトルクと単位接触面積あたりの荷重(kgf/mm)

Roll type	Fastening torque (kgf・m)			
	20	40	60	80
a	2.5	5.0	7.5	10.0
b	6.67	13.3	20.0	26.7
c	3.33	6.67	10.0	13.3
d	6.67	13.3	20.0	26.7

#### 3. 部分圧延されたウェブ部の評価

実験で使用したロール成形機の一段目に設置している部分圧延用ロールのみを使用して、板厚 0.4mm, 板幅 40mm, 長さ 200mm の板を部分圧延した。Fig.1 に示した断面の幅 12mm のウェブ部分の強度がこの部分圧延を施した板材と等価と考え、この部分圧延した板材から引張り試験片を切り出して、圧延方向に引張り試験を行った。部分圧延ロールの圧下の方法は、2・4 と同様に行っている。

#### 4. 成形品の形状精度と曲げ強度

成形品の長手方向の曲がり(そり量)を測定した。そり量は、Fig.5 に示すような2点支持のそり測定器(スパン 200mm)によりそり量を求め、これを曲率に直して整理した。なお、そり量の符号は Fig.5 のような場合を正、これと逆の場合を負とした。成形品の曲げ強度については、3点曲げ試験(スパン 200mm)を行なって曲げ強度を測定した。

### 5. 実験結果及び考察

#### 5・1 成形品の形状精度

成形品のそり曲率の結果を Fig.6 に示す。部分圧延を行っていない場合の成形品のそり曲率は図中の 40 の位置であるが、この程度のそり量は肉眼では判別できずほとんど欠陥のない製品とみなすことができる。Fig.6 中の横軸は Fig.3 に示すロールの単位長さあたりの面積 ( $\text{mm}^2$ )で締め付けトルク  $T(\text{kgf}\cdot\text{mm})$ で除した Table 1 に示す値をとっている。本加工法では、圧延ロールの種類により、そり曲率に変化が生じていることが分かる。Roll a, Roll b, Roll c の場合、締め付けトルクの違いによるそり曲率の変化はあまり見られない。Roll d の場合、締め付けトルクが強くなるにつれて負の方向へのそりを生じているが、これは特に Roll d の場合に顕著に表れている。本実験では、Roll d の場合に最も形状変化が見られ、わずかではあるが長手方向にウェブ部分が圧延されて伸ばされていると考えられる。本実験装置は駆動軸径 30mm の冷間ロール成形機であるため、過大な圧下は不可能であるが、Fig.2, Fig.3 に示したように部分圧延ロールの形状を変化さ

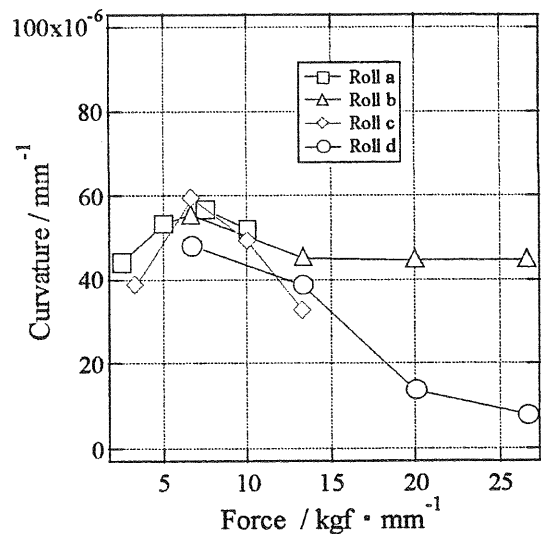


Fig. 6 成形品のそり曲率

せても、ロール成形品の形状に変化を与えるほどではないことがわかる。このときの静的なロールの圧下強さは、ロールの単位長さあたりの接触面積で(mm<sup>2</sup>)締め付けトルク T(kgf・mm)で除した値で、5~15kgf/mm 程度である。本実験では、Roll d の場合のみ 15kgf/mm 以上の締め付け強さで、成形品のそり曲率に変化を与えるだけの塑性変形が得られている。

## 5.2 冷間ロール成形品の曲げ強度

部分圧延プロセスを経て得られた成形品がどの程度の加工硬化を起こしているのか確認するために、成形品の 3 点曲げ試験を行った。この結果を Fig.7 に示す。図中の点線は部分圧延のプロセスを経していない成形品の最大曲げ荷重を示している。Roll a, Roll b の場合には、締め付けトルクを増加させてもほとんど、成形品の曲げ強度には影響がない。従って部分圧延による成形品ウェブ部の加工硬化はほとんどないと考えられる。本実験では、圧延を行っていないものと部分圧延を施したものとを比較すると、最大で 35% 曲げ強度が向上している。このような結果が得られた原因を次のように考察してみた。すなわち Roll c, Roll d の場合には適度な面積と幅で圧延を行ったため、理想的な加工硬化の状態が得られ、成形品

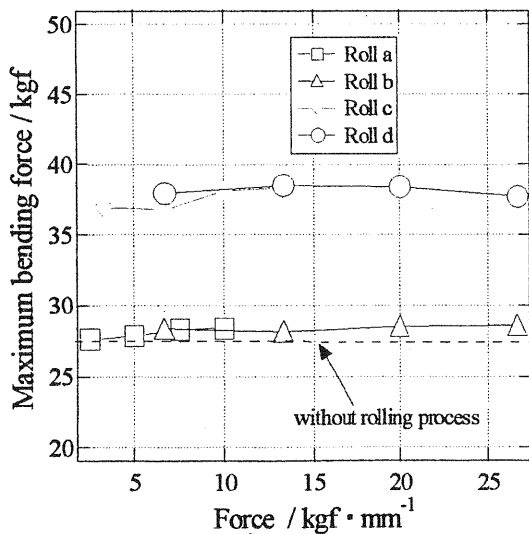


Fig. 7 成形品の曲げ強度

の曲げ強度は向上した。一方、Roll a, Roll b の場合には、圧延した幅は広いものの、面積をとりすぎたため、曲げ強度に影響を及ぼすだけの、十分な加工硬化の状態が得られなかったものと考察できる。理論的には、roll b と roll d は、同等の力学的条件であるが、実際には roll b では本実験範囲の上下軸の締め付けトルクによる圧下だけでは、期待した加工硬化が得られていないものと推察される。締め付けトルクの違いによる成形品の曲げ強度への影響は、本実験の範囲内で

は確認できていないが、これは本実験の圧下が軽圧下であり、本実験では、Roll c, Roll roll d の場合に、成形品の曲げ強度の値で最大 35% 強度を向上させることができている。

## 5.3 成形品ウェブ部の評価

### 5.3.1 引張り強さ

成形品の曲げ強度の上昇がウェブ部の部分圧延によるものであることを確認するために、部分圧延した板材から引張り試験片を切り出して、圧延方向に引張り試験を行った。Fig.8 に引張り試験の結果を示している。部分圧延を行う事により、ウェブ部の最大引張り強さは全体に上昇しており、5.2 において確認された成形品の曲げ強度の上昇が、ウェブ部を部分圧延することによる加工硬化の影響であることが確認できる。ウェブ部の引張り強さの増加の割合は高々 5% ではあるが、このウェブ部の引張り強さの増加が断面全体としての曲げ強度を向上させ、結果としてフランジ部の曲げ圧縮側の座屈現象に対しての強度も向上させたと考えられる。ここで、Roll c, roll d の場合の引張り強さの上昇に着目すると、引張り強さの上昇がわずかではあるがこの傾向は Fig.7 の結果と一致している。すなわち、ウェブ部を軽圧下し部分圧延することで、加工硬化を引き起こし、このウェブ部のわずかの引張り強さの増加によって型鋼の曲げ強度の向上が期待できるものと考えられる。

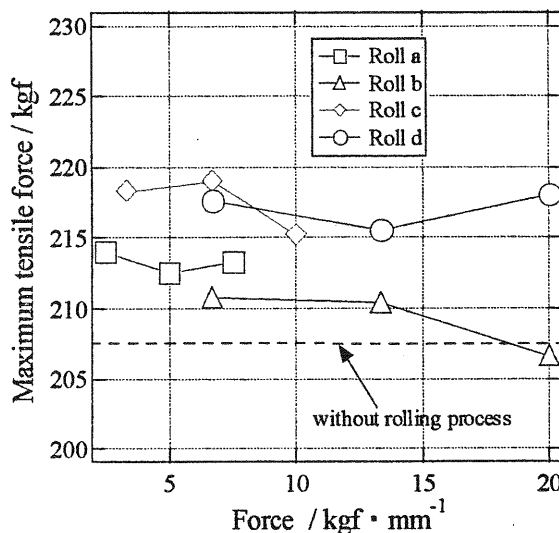


Fig. 8 ウェブ部の引張りの強さ

### 5.3.2 ひずみエネルギー

Fig.9 には、引張り試験でおこなった結果から得た荷重-伸び線図から得られた、単位体積あたりのひ

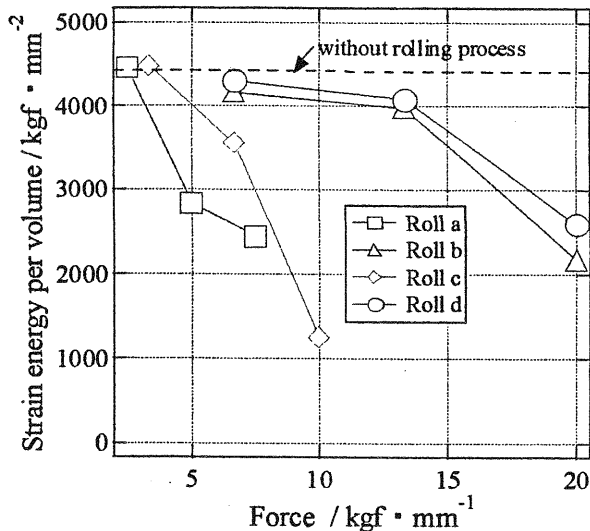


Fig. 9 ウェブ部のひずみエネルギー

ひずみエネルギー (kgf/mm<sup>2</sup>) の大きさを各成形条件ごとにまとめた結果を示している。締め付けトルクの違いにより、成形品ウェブ部のひずみエネルギーには大きな変化が生じている。傾向としてはロール締め付け強さが増加するにつれて、ひずみエネルギーは減少している。これは、締め付けトルクの増加により部分圧延ロールによって塑性変形が進み、加工硬化したことによって成形品ウェブ部の伸びが少なくなり、結果として応力-ひずみ線図の曲線で囲まれる部分の領域が縮小したことによると考察できる。本実験では、Roll b と Roll d の場合に、締め付けの強さを増加させたわりには、ひずみエネルギーの値をそれほど減少させることなく、成形品ウェブ部の強度を上昇させることができるので、このような方法が望ましいのではないかと考えた。すなわち、部分圧延ロールを楕円形にして、小さな溝を製品のウェブ部に数多く作り、幅方向に加工硬化させる領域を広くつくればよいと考えられる。

## 6. 結言

本研究では、構造物の部材の軽量化に適した型鋼を製造するために、型鋼の断面の一部を部分的に圧延して肉厚を変化させる方法についての調査を遂行して、部分圧延のときの加工硬化を利用し、軽量化に適した型鋼を製造することを試みた。成形された型材の精度や強度、エネルギーの吸収性に対して、適切な部分圧延の条件について調べた結果以下のような結論が得られた。

- 1) アルミ材 A1050 では、比較的軽圧下による部分圧延によって成形品に長手方向のそりを発生させることなく型鋼ウェブ部を部分圧下することがで

きる。このときの静的なロール圧下の強さは、本実験範囲では、ロールの単位長さあたりの接触面積で(mm<sup>2</sup>)締め付けトルク T(kgf·mm)で除した値で、5~15kgf/m である。

- 2) ウェブ部を部分圧延することで、加工硬化を起こして、ウェブ部の引張り強さの増加によって型鋼の曲げ強度を最大 35%向上させることができた。
- 3) ウェブ部の部分圧延ロールを楕円形にして、小さな溝を製品のウェブ部に数多く作り、幅方向に加工硬化させる領域を広くつくればよい。この方法で製造した A1050 のハット型鋼のひずみエネルギー(吸収エネルギー)は、部分圧下のプロセスのないものと比較して25~50%ひずみエネルギーが減少している。

## 謝辞

本研究は天田金属加工機械技術振興財団(平成10年度研究開発助成)を受けて行われたものであり、同財団、また関係各位に厚く謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 村田真, 長谷川幸嗣: 平 10 春塑加講論, (1998), 355.
- 2) 藤澤朝岐, 西村尚: 第 49 回塑加講論, (1998), 209.
- 3) 斎藤好弘, 宇都宮裕, 松枝茂幹, 関野貴夫: 平 7 春塑加講論, (1995), 239.
- 4) 斎藤好弘, 宇都宮裕, 兼子毅, 神崎敏裕, 左海哲夫: 平 10 春塑加講論, (1998), 151.