

# 薄板圧延における幅方向肉厚分布に関する一考察

Experimental and Theoretical Study of Crown Control in Thin Plate Rolling

鈴木 弘・本 城 恒

Hiromu SUZUKI and Hisashi HONJYO

## 1. ま え が き

板材の圧延において、圧延板の形状の制御が最近特に重要視されている<sup>1)</sup>が、板の形状の制御を十分に行なうためには、板厚の幅方向の分布の正しい把握が必要である。筆者らは各ロールのロールたわみ、ロールクラウン・ロールの摩耗・板幅等の諸因子を含んだつりあい方程式を求めて、作業ロール軸線のたわみを求めた。また作業ロールと圧延材の間の変位については半無限弾性体のモデルから接触変位を求めた。なお別に模擬圧延機により実験を行なった。以上のように板厚の幅方向分布に対する解析と実験による検討が本研究の内容である。

## 2. たわみによる作業

作業ロール軸線のたわみを求めるために、図1のよう

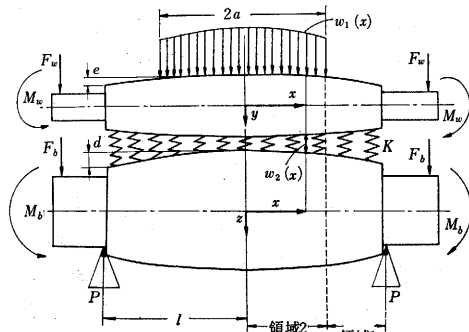


図 1 クラウンコントロールモデル

なモデルを考えた。圧下力分布と、ロールクラウンとは2次曲線で近似した。記号の意味は以下のとおりである。

- $x$ : ロール軸線方向の座標、原点はパレル中央 (mm)
- $y$ : 作業ロール軸線の圧下力方向変位 (mm)
- $z$ : 控えロール軸線の圧下力方向変位 (mm)
- $2l$ : ロールパレル長 (mm)     $2a$ : 板幅 (mm)
- $F_w$ : 作業ロール端荷重 (Roll Bend 力) (kg)
- $F_b$ : 控えロール端荷重 (kg)     $P$ : 総圧下力 (kg)
- $M_w$ :  $x=l$  で作業ロールにかかるモーメント (kg・mm)
- $M_b$ :  $x=l$  で控えロールにかかるモーメント (kg・mm)
- $K$ : ロール間バネ定数<sup>2)</sup> (kg/mm<sup>2</sup>)
- $E$ : ヤング率 (kg/mm<sup>2</sup>)
- $w_2$ : ロール間荷重 (kg/mm)

$w_1$ : 単位幅圧下力 (kg/mm)

$I_w$ : 作業ロール断面2次モーメント (mm<sup>3</sup>)

$I_b$ : 控えロール断面2次モーメント (mm<sup>3</sup>)

$U_w$ : 作業ロール形状を表わす変数でロールクラウンや摩耗を考慮してある (mm)

$U_b$ : 控えロール表面形状を表わす変数 (mm)

ロール端の荷重条件やモーメントの条件は最近のロールバンドコントロールを想定した境界条件である。

図1において領域1で方程式は

$$\begin{cases} w_2 = K(y_1 - z_1 + U_w + U_b) \\ EI_w \frac{d^4 y_1}{dx^4} = -w_2 \\ EI_b \frac{d^4 z_1}{dx^4} = w_2 \end{cases}$$

領域IIで

$$\begin{cases} w_2 = K(y_2 - z_2 + U_w + U_b) \\ EI_w \frac{d^4 y_2}{dx^4} = w_1 - w_2 \\ EI_b \frac{d^4 z_2}{dx^4} = w_2 \\ w_1 = \frac{g(x^2 - a^2)}{a^2} + b \end{cases}$$

となる。

この連立微分方程式からたわみの解を求め、それにせん断変位の解<sup>3)</sup>を加えたものを作業ロール軸線の変位とした。

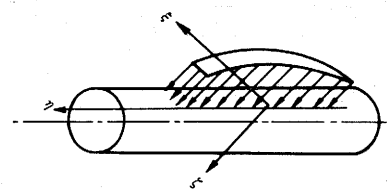


図 2 接触変位

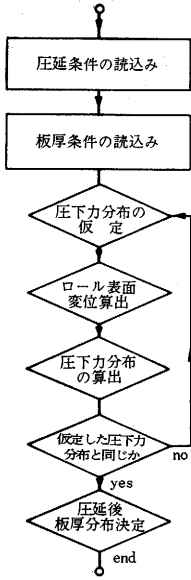
次に作業ロールの接触変位を求めるため、半無限弾性体のモデル<sup>4)</sup>を考える。

図2のように有限幅を持ちロール軸方向に放物線型分布の圧下力を考える。このとき  $\eta=0$  上の1点の沈み量  $\zeta$  は

$$\zeta = \frac{1-\nu^2}{\pi E} \iint_s \frac{q}{s} d\xi d\eta$$

となる。

$\nu$ : ポアソン比     $q$ : 圧延圧力 (kg/mm<sup>2</sup>)



$s$ : 沈みを求めている点から座標  $(\xi, \eta)$  にある微小要素までの距離 (mm)

作業ロール軸線の変位に作業ロールの接触変位を加えたものを作業ロール表面変位とし、最終的には図3のようなプログラムで計算した。

### 3. 模擬圧延機による 圧下実験

(2) で述べた式の妥当性を検討するために、作業ロールと控えロールの間のフラットニングの分布および作業ロールの表面変位を測定する実験を行なった。実験装置は図4のようなもので、4本のロールをセットした4段圧延機の模形にアムスラー材料試験機で荷重を加えた。ロールは回転しないで、上下のスライドのみが可能であり、上下両作業ロールの間に銅板をはさみ圧下をかける。この時の下作業ロールと下控えロールの軸線の接近量を微小変位測定装置により測定した。測定はロール軸方向に7箇所、ロールの両側において測定し、両側の値の平均値をもって下作業ロールと下控えロールの間のフラットニ

図 3

ングによる接近量とした。また圧下後銅板を取り出し、圧痕寸法を小坂式表面あらさ計で測定して、材料の接触面におけるロール表面変位を求めた。図5は下作業ロールと下控えロールの軸線の接近量の理論値と実測値を示した1例である。図6は作業ロールの表面変位について理論値と実測値の1例で、×印は実測値、実線は理論値である。ロール軸線接近量およびロール表面変位の測定実験において理論と実験は良い一致を示した。ただし実測したロール軸線接近量がロール端において理論値より大きくなる傾向がみられた。

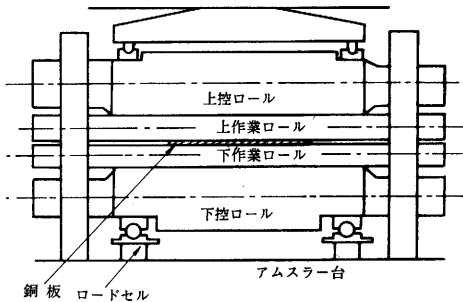


図 4 実験装置

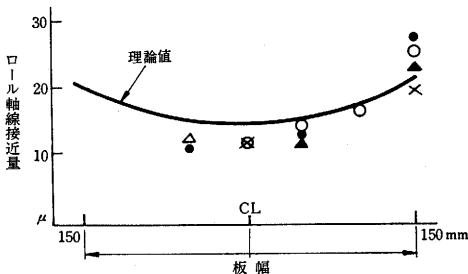


図 5 ロール軸線接近量 (荷重 17 トン)

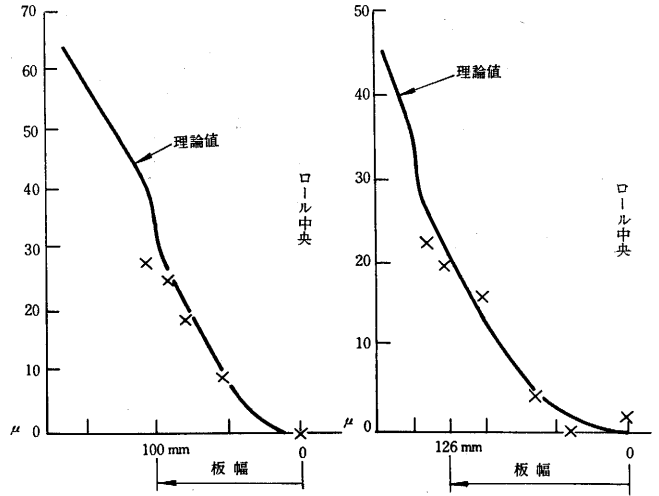


図 6 ロール表面変位

ングによる接近量とした。また圧下後銅板を取り出し、圧痕寸法を小坂式表面あらさ計で測定して、材料の接触面におけるロール表面変位を求めた。図5は下作業ロールと下控えロールの軸線の接近量の理論値と実測値を示した1例である。図6は作業ロールの表面変位について理論値と実測値の1例で、×印は実測値、実線は理論値である。ロール軸線接近量およびロール表面変位の測定実験において理論と実験は良い一致を示した。ただし実測したロール軸線接近量がロール端において理論値より大きくなる傾向がみられた。

### 4. む す び

4 段圧延機においてロール表面変位を与える式を求めた。また4 段圧延機を模した圧下実験装置により、作業ロールと控えロール間のフラットニングによる接近量の分布および作業ロールの表面変位を求める実験を行ない、計算によって得られた結果が実験値とほぼ一致することを確かめた。

(1968 年 3 月 28 日受理)

### 文 献

- 1) M. D. Stone ほか, Iron and Steel Engineer, Vol. 42 No. 8, (1965) August, p. 73~90
- 2) R. J. Roark, Formulas for Stress and Strain, McGraw-Hill
- 3) ラーク著(鈴木弘訳), 「板材の圧延」, コロナ社
- 4) Timoshenko, Theory of Elasticity, McGraw-Hill