

# 薄板圧延における幅方向板厚分布に関する一考察

Experimental and Theoretical Study of Crown Control in the Thin Plate Rolling

鈴木 弘\*・河野 輝雄\*

Hiromu SUZUKI and Teruo KOUNO

## 1. ま え が き

圧延技術の最近の最重要課題の一つとして圧延板厚の幅方向分布制御の問題がある。これは板幅方向の板厚精度を高めるという目的とともに、これと密接な関係をもつ圧延板の形状修正という目的をもつ。本研究では上記の制御手段として現在実際の圧延機に採用されている Work Roll Bending 法について、解析と実験とを通じて解明を試みた。

## 2. 記 号

$E$ : ヤング率.  $I_B, I_W$ : Backup Roll, Work Roll の断面二次モーメント.  $\nu$ : ポアソン比.  $B_W, B_B$ : Backup Roll, Work Roll の直径.  $G$ : 横弾性係数.  $l_R$ : ロールバレル長の 1/2.  $P$ : 全圧延荷重.  $l_w$ : 圧延板幅の 1/2.  $P_B$ : Backup Roll 軸受荷重(片側).  $n$ : 分割モデル分割数.  $W_k$ :  $x=a_k$  点に働く圧下力(集中力として代表).  $F_W$ : Work Roll 曲げ荷重.  $F_k$ :  $k$  番目分割領域に働くロール間接触圧力を集中力でおきかえた力 ( $x=a_k$  点に作用).  $a_k$ : ロール中央より  $k$  番目分割領域中点までの距離.

## 3. 解 析

従来この問題に対す力学モデル設定については M. D. Stone<sup>1)</sup>, その他の研究者<sup>2)3)</sup>によって提案されたバネモデルと呼ばれる力学モデルがある。このモデルを解析するにはロールのせん断変形を式に直接とり入れると式が複雑になり解きにくい。そのため一般にはせん断変形を無視するが、求めた解に後からせん断変形を重ね合わせて補正を行なう。またロール間弾性接触部を一定の強さのバネでおきかえる点も、ロール弾性変形の幅方向分

布を厳密に求めようとする際には大きな制約となる。そこで本研究では独自に次に述べる分割モデルを考えた。これは図1に示すように、Work Roll と Backup Roll 間弾性接触部及び Work Roll と板の接触部を、ロール軸方向に適当数の領域に分割する。そして各々の分割領域に働く接触圧力を、その領域の中央点に働く集中力  $F_k$  で代表させる。この  $F_k$  の分布を求めロール軸心あるいはロール表面の変位を決定しようというものである。なおロール中央を横断する面に関して対称と考え、力のつり合いから(1)式が求まり、

$$\sum_{i=1}^{n/2} F_i = P_B - F_W \quad (=P/2) \quad (1)$$

分割領域の中央点でロールが互に接触しているための幾何学的適合条件により次式が求まる。

$k=1 \sim n/2$  において

$$\sum_{i=1}^{n/2} (\delta_{k,i}^{(W)} + \delta_{n-k+1,i}^{(W)} + \delta_{k,i}^{(B)} + \delta_{n-k+1,i}^{(B)}) \cdot F_i + \sum_{i=1}^{n/2} (\Delta_{k,i}^{(W)} + \Delta_{k,i}^{(B)}) \cdot F_i + \nu(a_k) = c \quad (2)$$

ここで  $\delta_{k,i}$  はロール弾性変形に対する影響係数を示す。すなわち  $x=a_i$  点に単位荷重を加えたときの  $x=a_k$  点における変位が  $\delta_{k,i}$  である。肩文字  $W, B$  はそれぞれ Work Roll, Backup Roll に関するものであることを示す。同様に  $\Delta_{k,i}$  はロール軸心の曲げ変形に対する影響係数を示す。また  $\nu(a_k)$  は、圧下力  $W_i (i=1 \sim n/2)$ , Backup Roll 軸受荷重( $P_B$ ), Work Roll 曲げ荷重( $F_W$ ) などによるロール軸心変位の  $x=a_k$  点における値、およびロールにつけたクラウン形状などを示す。(1), (2)式で未知数は  $F_i (i=1 \sim n/2)$  及び  $C$  で合計  $(n/2+1)$  個、一方、方程式の数は(1)式1個、(2)式  $n/2$  個、合計  $(n/2+1)$  個で(1), (2)の連立方程式を解けば  $F_k, C$  が定まる。 $C$  はロール中央における両ロール軸心接近量を示す。

## 4. 実 験

実験は図2に示すようにロールは回転しないで上下方向へのみスライドし得る構造のモデル圧延機を作製し、ロールネック部にロール曲げ装置をとりつけた。圧延板のかわりにアルミ・銅・軟鋼板を Work Roll 間にはさみアムスラ試験機で荷重をかけて圧下実験を行なった。Work Roll に曲げ荷重  $F_W$  を加えた場合と、加えない

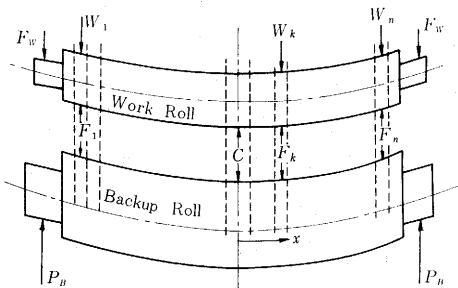


図1 分割モデル

\* 東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報  
 場合とにつき、各々 Work Roll, Backup Roll 両者の軸心接近量 (ロール間偏平変形量) と Work Roll 間の軸心接近量とを同時に測定した。測定はロールの前後面に取付けた合計 14 個のダイヤル・ゲージを用いた。またはさみ込み試験板についたロール圧こんの形のロール軸方向の分布を測定して Work Roll 表面形状の曲げ荷重による変化をみた。

図 3~9 に実験結果を示す。図 3~6 は Backup-Work Roll 間偏平変形量の板幅方向分布を示し、プロットした各点が実測値で、一点鎖線、実線が計算による理論解を

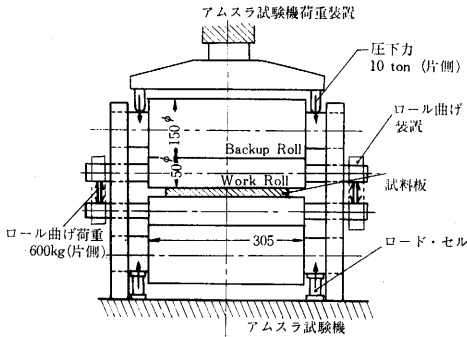


図 2 圧下実験装置

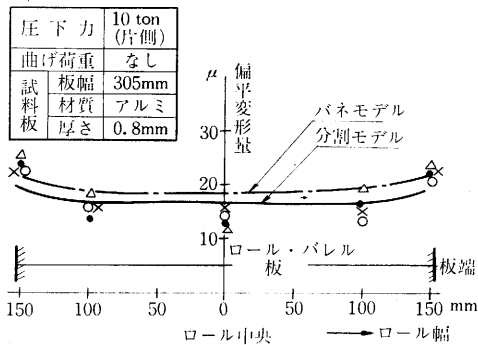


図 3 Work Roll-Backup Roll 間偏平変形量の板幅方向分布

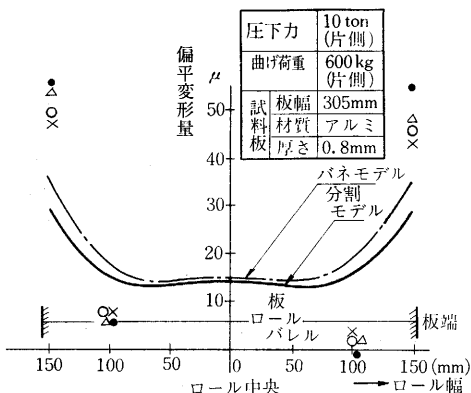


図 4 Work Roll, Backup Roll 間偏平変形量の板幅方向分布

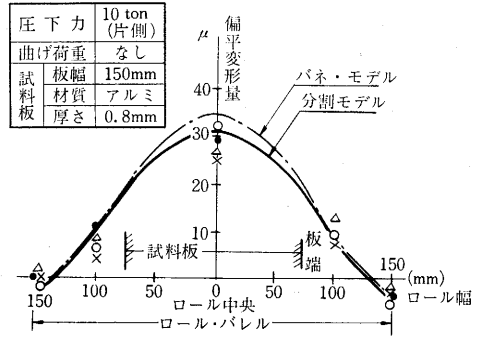


図 5 Work Roll-Backup Roll 間偏平変形量の板幅方向分布

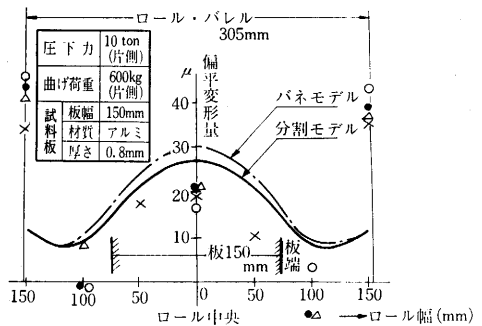


図 6 Work Roll-Backup Roll 間偏平変形量の板幅方向分布

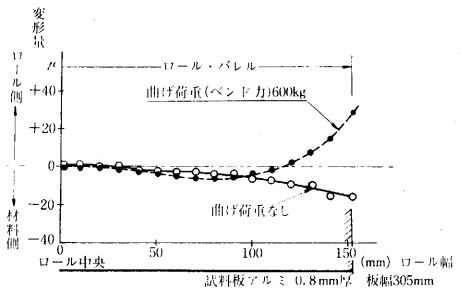


図 7 Work Roll の材料接触面の表面形状

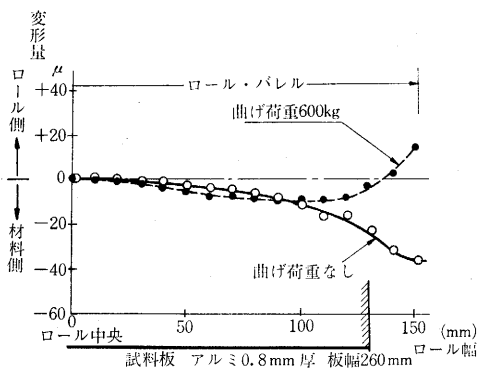


図 8 Work Roll の材料接触面の表面形状

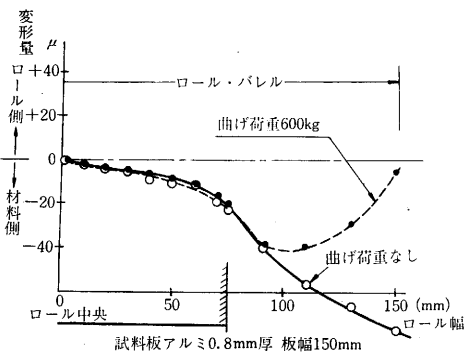


図 9 Work Roll の材料接触面の表面形状

示す。計算ではバネモデルにおける定数は Föppel のバネ定数を用いた。また分割モデルの分割数  $n=40$ 、圧下力の分布は均一とした。

図 7~9 はロール曲げ荷重を加えることによる Work Roll 表面形状の変化を実測により示す。ここで Work

Roll 表面形状はアルミ試料板についた圧こんのロール軸方向分布を測定して求めたものである。

5. 結 論

a) Work Roll Bending 法による曲げ効果は主としてロール端部からある一定域に集中的に生ずる。

b) この曲げ効果の原因は主として Work Roll と Backup Roll 間偏平変形量の板幅方向分布の変化に起因する。

c) 理論計算は、曲げ荷重を加えない場合はよく一致しているが、曲げ荷重を加えると一致が悪い。これは実験測定精度の問題と、理論計算にロール端部影響を厳密にとり入れた弾性変形を導入していないという問題とによると思われる。

(1969 年 1 月 16 日受理)

参 考 文 献

- 1) Stone, M. D, Gray, R: Iron & Steel Engr Vol. 42, No. 8 (1965) p. 73~90.
- 2) 鈴木, 本城: 生産研究 Vol. 9, No. 7(1968) p. 53~54.
- 3) 塩崎: 塑性と加工 Vol. 9, No. 88 (1968) p. 315.

正 誤 表 (3 月号)

ページ	段	行	種 別	正	誤
表 2		9	目 次	電気自動車開発の基本的な考察……梅谷陽二	電気自動車開発の基本的な考察……沢井善三郎
"		10	"	欧米における溶接技術の現状……沢井善三郎	欧米における溶接技術の現状……梅谷陽二
4	右	15	本 文	予知しようとして	予知しようして
13	"	13	"	用に試用する計画があり,	用に試用された実績があり,
18			英文表題	Subjected	Subjectid
"	右	14	本 文	$= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T Z_1(t) Z_2(t+\tau) dt$ (10)	$= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T \tilde{Z}_1(t) \tilde{Z}_2(t+\tau) dt$ (10)
19	左	35	"	$W \dot{x}_1(\omega) = \omega^2 W x_1(\omega)$ (22)	$W x_1(\omega) = \omega^2 W x_1(\omega)$ (22)
"	"	36	"	$W \ddot{x}_1(\omega) = \omega^4 W \dot{x}_1(\omega)$ (23)	$W x_1(\omega) = \omega^4 W x_1(\omega)$ (23)
"	右	1	"	密度関数	確率分布
"	"	3	"	$P(\zeta) = \dots\dots\dots$ (24)	$P(\zeta d\zeta) = \dots\dots\dots$ (24)
"	右	9	"	$\text{erf } x = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx$ (25)	$\text{erf } x = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\infty e^{-\frac{x^2}{2}} dx$
"	"	20	"	密度関数	確率分布
"	"	21	"	"	"
20	左	1	"	$W \dot{x}_a(\omega) = \dots\dots\dots$ (27)	$W x_a(\omega) = \dots\dots\dots$ (27)
24	"	14	"	acceleration spectrum.	acceleration. spectrum
25	左		Fig.7	Displacement response spectra	Displacement response spectrum
"	"	9	本 文	3. Conclusion and Acknowledgement	3. Conclusions and Acknowledgement
29	"	12	"	"基礎研究の成果を工業技術に反映する"	基礎研究の成果を工業技術に反映する
"	右	14	"	工業技術まで発展させた研究	工業技術まで, 発展させた研究