

2 個のロールによる丸線から平線への引抜

Studies on Drawing Flat Wire from Round One through Two-roll Turks Head

荒木 甚一郎*・鈴木 弘*

Jinichiro ARAKI and Hiromu SUZUKI

1. ま え が き

平ロールによる丸線から平線への引抜は、引抜過程においてロールに接触していない自由表面が占める割合が大きく三次元変形としての取扱が必要となる。筆者らは、ロールバイト中の任意の断面の材料の応力と歪を、丸線から角線への引抜の場合に用いたとほぼ同一の手法で、平均応力・平均歪で代表させて論ずることにより、これまで不明な点の多かった引抜過程のメカニズムを解明する式を導いた。また黄銅線を用いて引抜条件を変えた実験を行なうことにより理論の一般性を示すことができたので報告する。

2. 記 号

Turks Head による丸線から角線への引抜に用いたとほぼ同一 (前報参照)

3. 解析の基本となる諸関係式

(1) 幾何学的条件式

$$\frac{D}{2} + \frac{hout}{2} = \frac{D}{2} \cos \theta + \frac{h}{2} \quad (1)$$

(2) 力の釣合式

$$(f + df) - f + 2q \left(\frac{D}{2} l d\theta \right) \sin \theta + 2\mu q \left(\frac{D}{2} l d\theta \right) \cos \theta = 0 \quad (2)$$

$$\frac{df}{d\theta} = -Dlq(\sin \theta \pm \mu \cos \theta) \quad (3)$$

ここでは (+) 中立位置より出側, (-) は入側に対応する。

(3) 降伏条件式

$$f' + q' = 2k \quad (4)$$

ここで $f' = f/A$, $q' = l/b \cdot q$ である。

(4) 応力と歪の関係式

$$\left. \begin{aligned} d\epsilon_1 &= d\lambda \sigma_1' = d\lambda(\sigma_1 - \sigma) \\ d\epsilon_2 &= d\lambda \sigma_2' = d\lambda(\sigma_2 - \sigma) \\ d\epsilon_3 &= d\lambda \sigma_3' = d\lambda(\sigma_3 - \sigma) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

さて $\sigma_1 = -q'$, $\sigma_3 = f'$ また図2を参照して

$$\sigma_2 = \pm \frac{\mu q l}{h} \cdot \frac{l}{2b} \quad (6)$$

(6) 式の複号は $d\epsilon_2 > 0$ に対して (-), $d\epsilon_2 < 0$ に対して (+) が対応する。従って静水圧は

$$\sigma = \frac{1}{3} \left(-\frac{ql}{b} \pm \frac{\mu ql}{h} + \frac{f}{A} \right) \quad (7)$$

となる。

次にロール直下の歪増分を $d\epsilon_1^*$ とすると

$$d\epsilon_1^* = -\frac{dh}{h} = -\frac{D \sin \theta d\theta}{h} \quad (8)$$

となり平均歪 $d\epsilon_1$ を

$$d\epsilon_1 = \frac{l}{b} d\epsilon_1^* = -\frac{lD \sin \theta d\theta}{bh} \quad (9)$$

と定義する。

一方 $d\lambda$ は (5) 式より求まるので平均歪増分の他の

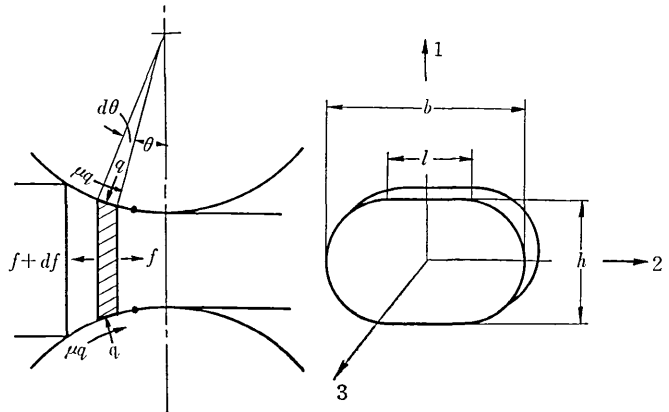


図1 引抜中の微小要素に働く力

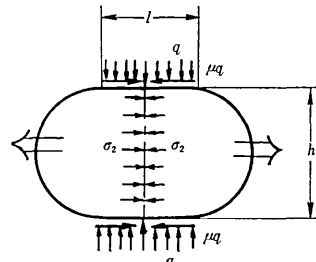


図2

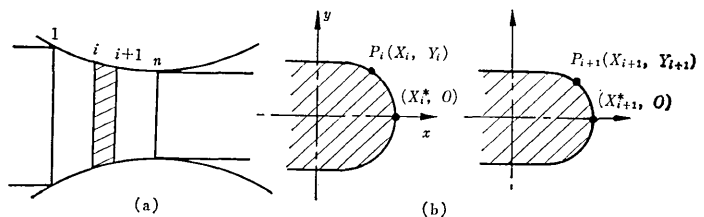


図3 自由表面の変形

* 東京大学生産技術研究所 第2部

成分は

$$d\varepsilon_2 = d\lambda(\sigma_2 - \sigma) = \frac{1}{3} \left(-\frac{f}{A} \pm \frac{2\mu ql}{h} + \frac{ql}{b} \right) d\lambda \quad (10)$$

$$d\varepsilon_3 = d\lambda(\sigma_3 - \sigma) = \frac{1}{3} \left(\frac{2f}{A} \pm \frac{\mu ql}{h} + \frac{ql}{q} \right) d\lambda \quad (11)$$

となる。

(5) ロールと材料の接触幅の求め方

図3の(a)のようにロールバイト中の材料を入側から出側までn区間に分ける。いまi番目の断面でPiの点がi+1断面でPi+1となったとすると次の関係が成り立つ。

$$\left. \begin{aligned} X_{i+1} &= X_i + X_i d\varepsilon_{1i} \\ Y_{i+1} &= Y_i + Y_i d\varepsilon_{2i} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Pi+1の描く軌跡と $y = \frac{h}{2}$ との交点を求め、そのx座標を \bar{X}_{i+1} とすると i+1 番目の接触幅 li+1 は

$$l_{i+1} = 2\bar{X}_{i+1} \quad (13) \quad \text{で求まる。}$$

また幅 bi+1 は図3より

$$b_{i+1} = 2X_{i+1} \quad (14) \quad \text{となる。}$$

4. 理論計算結果と実験結果との比較による考察

実験は丸線から角線の引拔に用いた Turks Head のロールを2個に組換えて行なった。試験片は5φ黄銅線の○材で、数値計算でのロールと材料間の摩擦係数は0.1、また加工硬化曲線は、変形が二次元歪に近い点を考慮して約1割増の $k = 41\epsilon^{0.44}$ を用いて図4のフローチャートに従って計算した。得られた結果は丸線から角線の引拔の場合にかなり類似した面もあるが、異なる点に注目しながらまとめると、

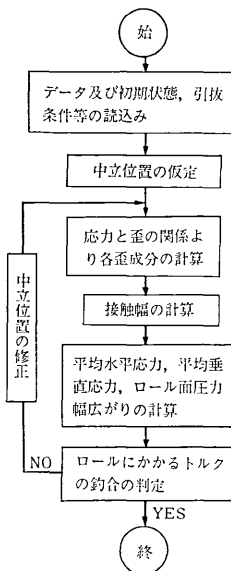


図4 計算の流れ図

1) 丸線から平線への引拔では、断面減少率と圧下率の関係は引抜条件の影響を受けて変り、理論計算結果と比較すると、絶対値は低いが傾向はよく対応している(図5,6),

2) 引抜条件を変えた場合の引抜応力・ロール分離力および接触幅率の変化は、丸線から角線の場合と定性的に同じである(図7,9).

3) 幅広がり率は後方張力、負荷トルクを付加した場

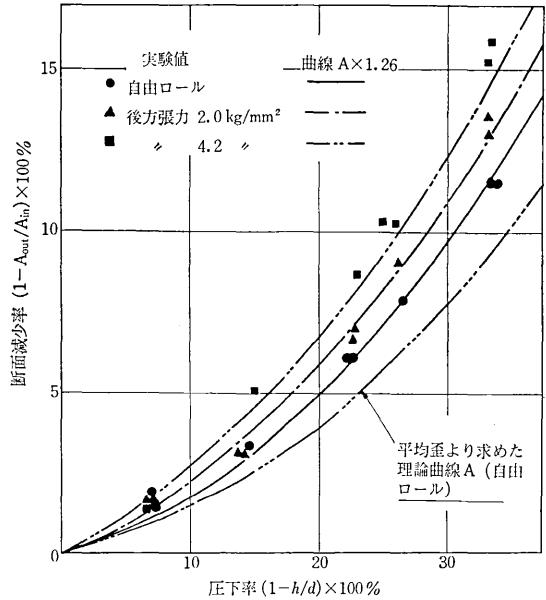


図5 丸線から平線の引拔で圧下率と断面減少率の関係に及ぼす後方張力の影響 材質黄銅

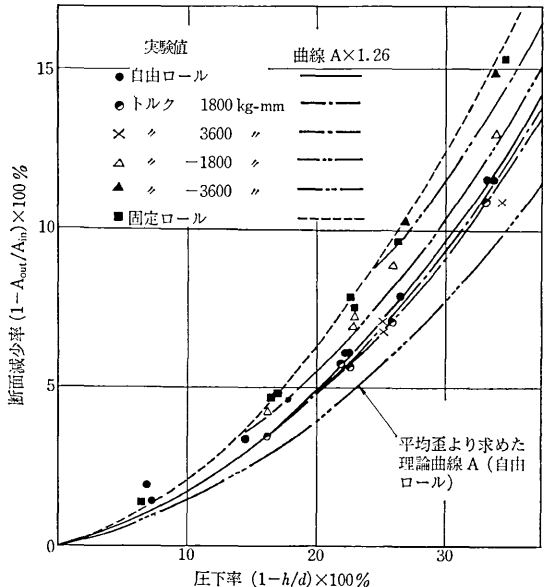


図6 丸線から平線の引拔で圧下率と断面減少率の関係に及ぼすロール駆動トルクの影響 材質黄銅

研究 速 報
 合と、固定ロール使用の場合は自由ロールより小さく、駆動トルク付加の場合に高くなる。これらの傾向は、理論と実験で一致しているが、理論計算結果は実験値より低い (図 10, 11)。

4) 図 12~14 は幅広りのメカニズムを考察するために示した接触角に沿う静水圧分布曲線で、これより静水圧と自由表面の変形すなわち幅広りの大小関係はよく対応することがわかる。

5) 図 15 は後方張力がロールバイト中の素材の変形状態に与える影響を見たもので後方張力により幅広がり小さくなる過程がわかる。

5. ま と め

以上の解析と実験により2ロールによる丸線から平線への引抜のメカニズムを明らかとすることができた。さらにこれらの結果は平線圧延にも応用できる面が多いと思う。
 (1969年12月5日受理)

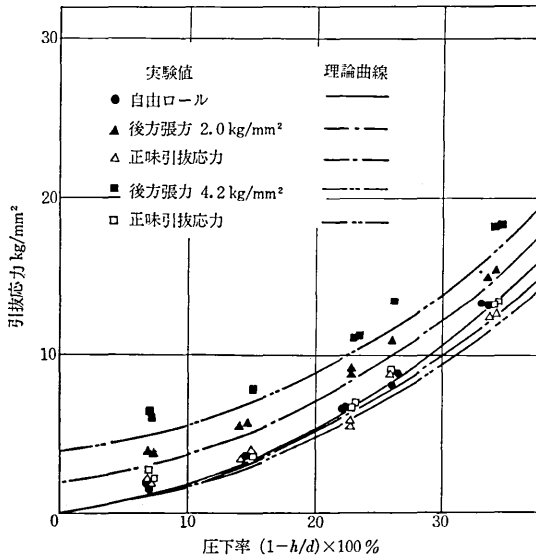


図 7 丸線から平線への引抜で後方張力が引抜応力に及ぼす影響

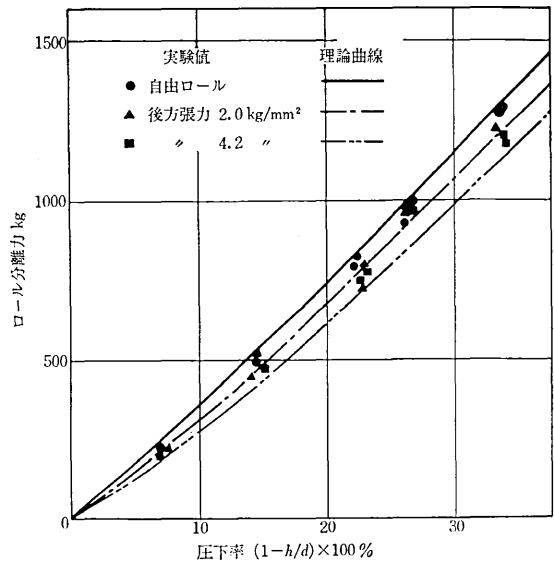


図 9 丸線から平線への引抜で後方張力がロール分離力に及ぼす影響 材質黄銅

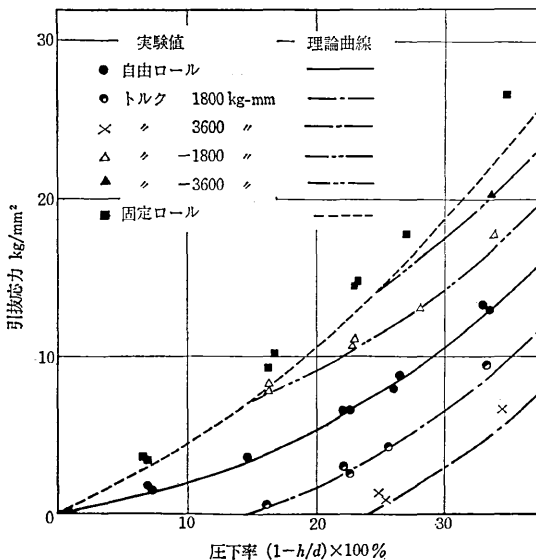


図 8 丸線から平線への引抜でロール駆動トルクが引抜応力に及ぼす影響 材質黄銅

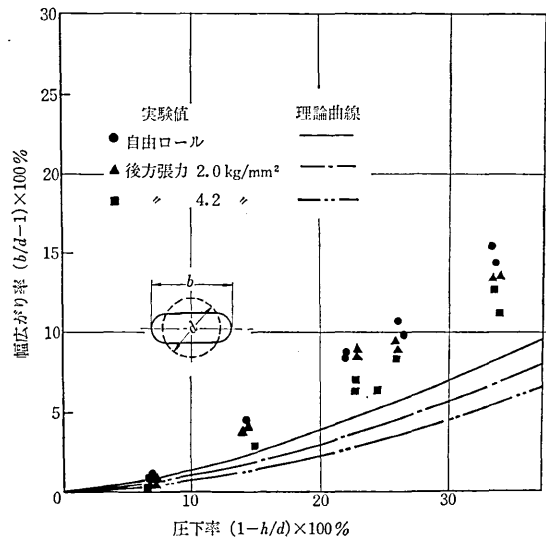


図 10 丸線から平線への引抜で後方張力が幅広がり率に及ぼす影響 材質黄銅

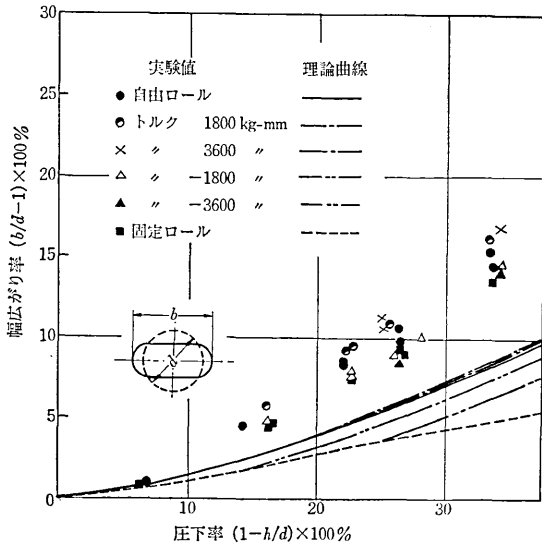


図 11 丸線から平線への引拔でロール駆動トルクが幅広がり率に及ぼす影響 材質黄銅

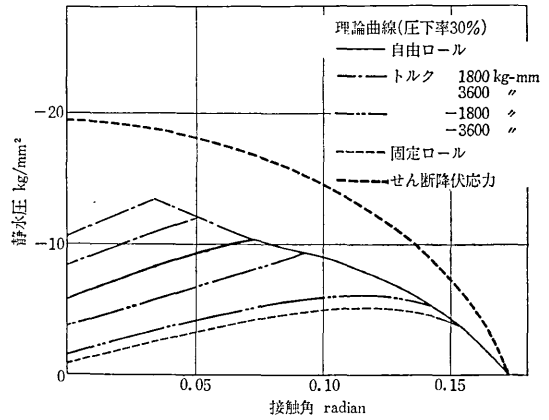


図 14 丸線から平線への引拔でトルクが静水圧に及ぼす影響 材質黄銅

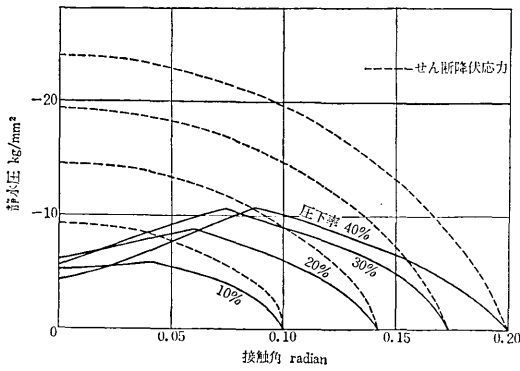


図 12 自由ロールによる丸線から平線への引拔の静水圧分布 材質黄銅

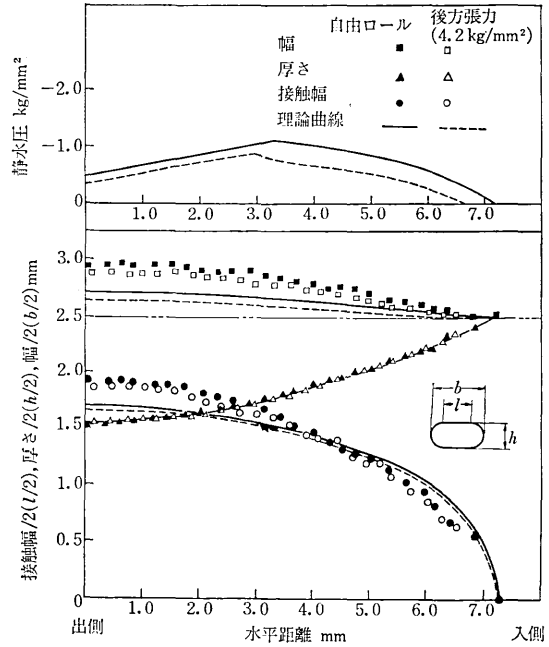


図 15 丸線から平線への引拔でロールバイト中の素材の変形状態に及ぼす後方張力の影響 (圧下率 36.8%) 材質黄銅

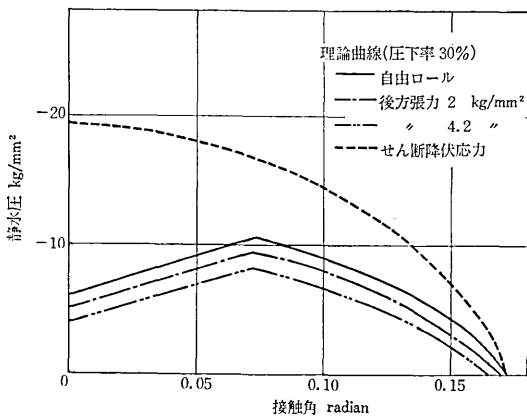


図 13 丸線から平線への引拔で後方張力が静水圧分布に及ぼす影響 材質黄銅