

---

鋼矢板の連続圧延特性

Study on Continuous Rolling of Sheet Piling

笹田 幹雄(Mikio Sasada) 田中 輝昭(Teruaki Tanaka) 三浦 恒(Hisashi Miura)  
村上 進次郎(Shinjiro Murakami) 小松 重之(Shigeyuki Komatsu)

---

要旨：

水島製鉄所中形工場で鋼矢板の連続圧延方式を開発し、1978年6月から本方式を採用して営業生産を開始した。鋼矢板を連続圧延する目的は、圧延能力を高め、それにより圧延材料温度の低下を防止し、また材料の先・後端部の形状不良を防止することである。連続圧延方式を採用するにあたり、カリバー形状を考慮に入れた延び率と先進率の関係、スタンド間引力と材料の寸法・形状・さらにスタンド間張力の先、後進率や圧延荷重などの圧延特性の関連について調査し、その結果を適用して良好な鋼矢板を得ることができた。

---

Synopsis：

A continuous rolling method of sheet piling on the medium flange beam mill was developed at Mizushima Works of Kawasaki Steel Corp., with its commercial production satisfactorily under way since June 1978. The advantages of continuous rolling of sheet pilings are as follows: (1) High rolling efficiency, (2) Minimizing of temperature drop during rolling, (3) Prevention from a joint profile deformation at the bottom and top of sheet pilings. Sheet pilings with high accuracy were obtained after studying relations between rolling characteristics such as forward slip, backward slip, reduction, rolling tension, the change of cross-section profile and rolling pressure.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

|                   |
|-------------------|
| 本文は次のページから閲覧できます。 |
|-------------------|

# 鋼矢板の連続圧延特性

## Study on Continuous Rolling of Sheet Piling

笹田 幹雄\*

Mikio Sasada

田中 輝昭\*\*

Teruaki Tanaka

三浦 恒\*\*\*

Hisashi Miura

村上 進次郎\*\*\*\*

Shinjiro Murakami

小松 重之\*\*\*\*\*

Shigeyuki Komatsu

### Synopsis:

A continuous rolling method of sheet piling on the medium flange beam mill was developed at Mizushima Works of Kawasaki Steel Corp., with its commercial production satisfactorily under way since June 1978.

The advantages of continuous rolling of sheet pilings are as follows:

- (1) High rolling efficiency,
- (2) Minimizing of temperature drop during rolling,
- (3) Prevention from a joint profile deformation at the bottom and top of sheet pilings.

Sheet pilings with high accuracy were obtained after studying relations between rolling characteristics such as forward slip, backward slip, reduction, rolling tension, the change of cross-section profile and rolling pressure.

### 1. まえがき

水島製鉄所中形工場では、鋼矢板の連続圧延方式を業界にさきがけてとり入れ、営業生産を1978年6月に開始した。

連続圧延方式の開発を必要とした理由として、圧延能率を従来のリバース圧延方式に比べ飛躍的に向上させ、さらに圧延時間の短縮により圧延中の材料温度の低下を少なくし省エネルギーおよび寸法精度の向上をはかることがあげられる。また、リバースなしで連続圧延を行うことで圧延材料のシフトがなくなり、仕上げ圧延機付近で材料の先・後端部の曲がりや振れが防止される。

しかし、複雑な断面形状をもつ鋼矢板を連続圧

延するには、連続スタンド間の張力制御が重要な課題となる。

形鋼の連続圧延では、スタンド間で材料に張力が作用すると、材料先・後端の張力付加時間が少ない不完全連続圧延部分と、それらを除いた完全連続圧延部分との間で、材料の寸法・形状に差が生じる。これを防止するためにスタンド間は無張力状態に制御することが望ましい。

しかし、実際には連続スタンド間の材料にループが発生して圧延機のガイドなどを破損するのを防止するため、若干の張力をかけて圧延するのが常である。

鋼矢板のような複雑な断面形状を持つ製品での張力制御では、スタンド間の圧延速度比を適正に設定するのが難しい。この適正な速度比を得るた

\* 水島製鉄所条鋼圧延部中形課

\*\*\* 水島製鉄所システム制御技術室主査(課長待遇)

\*\*\*\*\* 水島製鉄所動力部動力技術室

(昭和54年9月10日原稿受付)

\*\* 水島製鉄所条鋼圧延部条鋼技術室主査(課長待遇)

\*\*\*\* 水島製鉄所企画部設計室

め実機を使ってカリバー形状に対応した延び率と先進率の関連を調査した。またスタンド間張力が材料の寸法・形状に及ぼす影響、さらに先・後進率や圧延荷重などの圧延諸特性への影響もあわせて調査した。

## 2. 鋼矢板連続圧延方式の概要

### 2.1 圧延機の配列とカリバー形状

鋼矢板 1A 形サイズについて、圧延機の配置およびカリバー形状を Fig. 1 に示す。また、圧下スケジュールを Table 1 に示す。なお、これらの圧延機列のうち連続圧延を行うのは、S1-S2 スタンド間および S5-SF スタンド間である。

### 2.2 設備および実験装置

#### 2.2.1 AMTC

中形工場では連続スタンド間における速度比制御方式として電流値記憶方式を基本とした AMTC (Automatic Minimum Tension Control) を採用している。すなわち、圧延機モーターの電流値を測定し、スタンド間張力を電流値の変化で検出して圧延機の圧延速度を制御する方式である<sup>1)</sup>。圧延速度の制御精度は、S1, S2 グループで 1%, S5,

Table 1 Reduction schedule of rolling SP-1A

| Caliber number | Cross sectional area | As-rolled length |
|----------------|----------------------|------------------|
|                | 960cm <sup>2</sup>   | 3.83m            |
| K11            | 504                  | 7.3              |
| K10            | 321                  | 11.5             |
| K9             | 211                  | 17.4             |
| K8             | 138                  | 26.6             |
| K7             | 102                  | 36.0             |
| K6             | 83                   | 44.5             |
| K5             | 68                   | 54.5             |
| K4             | 59                   | 62.7             |
| K3             | 51                   | 72.1             |
| K2             | 49                   | 75.0             |
| K1             | 46                   | 79.6             |

SF グループでは 0.1% である。

このほか制御のオーバーシュートや外乱による圧縮圧延を防止するため、各バスの断面積からマスマスフローコンスタントになるよう算出したロール周速より速度比で 2% 程度張力側にバイアスを加えた周速の初期設定を行っている。

すなわち、鋼矢板の連続圧延で AMTC を採用する場合、速度比で 2% 張力側となるように速度設定を行い、これに AMTC の制御系精度  $\pm 1\%$  を

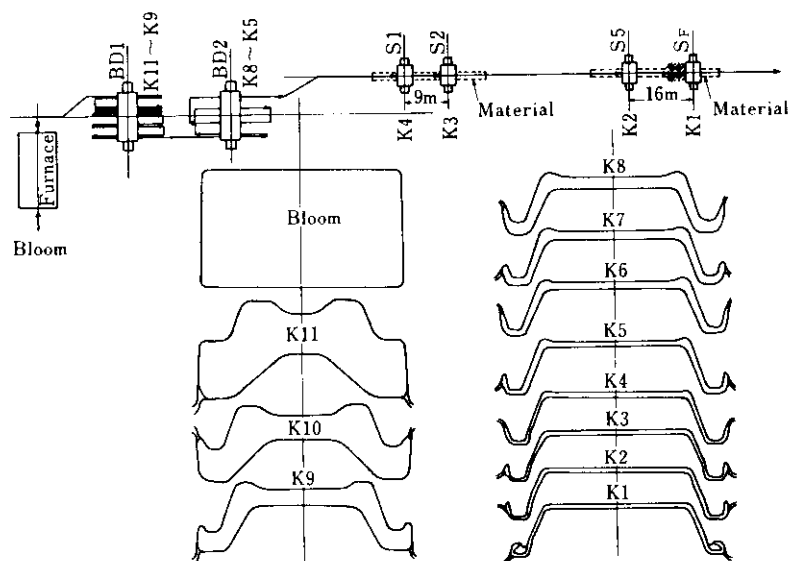


Fig. 1 Mill layout and roll caliber profile for sheet piling

重畳すると後段スタンドでは前段に対し最大3%の速度アンバランスが発生し、それに応じた張力が生まれることになる。

速度比3%変化による張力が製品の寸法・形状に及ぼす影響を把握し、鋼矢板の連続圧延にAMTCが採用できるかどうかの確認を行うことを実験の第一目的とした。

## 2・2・2 材料速度測定装置

連続圧延において、スタンド間張力を変化させ材料の先・後進率の変量を測定して、前段および後段スタンドでの材料の伸び率変化を定量的に把握し、製品の寸法・形状への影響を調べるために材料の圧延速度を連続的に測定しなければならない。このための測定機器として非接触式レーザー速度計を使用した。

## 2・2・3 張力測定装置

スタンド間の張力は、圧延機モータの電流変化または圧延荷重変化から理論的に求めることができる。ここで、このように計算から求めたスタンド間張力と実測した値との対応をとり、推定精度を知ることが必要と思われる。

張力を実測する方法として、S1, S2グループにおいてロール・チョックと圧延機ハウジング間に生ずる圧力を利用した。すなわち、Fig. 2に示すように、材料に働く張力はロールからロール・チ

ョックに伝わり、大部分は圧力検出器を介して、残りはプレッシャー・ブロック、圧下スクリーンを介して圧延機ハウジングに伝わる。プレッシャー・ブロックを介して伝わる力は、圧下スクリーンとプレッシャー・ブロック間の摩擦力であるが、ブロックは球面状の油潤滑した面で接しているためこの摩擦力は無視できるほど小さいので、圧力検出器で検出される圧力をスタンド間張力として算出した。

## 3. 速度アンバランスによる製品寸法の変化

### 3・1 無張力圧延時の伸び率と先進率の関係

伸び率 $\lambda$ と先進率 $f$ との間に相関があることは、板・丸棒圧延に関してはすでに証明されているが、鋼矢板においてもまず同様の相関の有無を調査した。伸び率は圧延前後の材料断面積比より次式で表わされる。

$$\lambda = \frac{A_0}{A_1} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$A_0$ : 圧延前の材料の断面積

$A_1$ : 圧延後の材料の断面積

先進率 $f$ は、板・丸棒圧延と同様に、速度直径 $D_v$ (測定値)と平均ロール径 $D_m$ (計算値)で、(2)式のように表わすことができる。

$$f = \frac{D_v}{D_m} - 1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

平均ロール径 $D_m$ の計算方法はFig. 3の記号を用いて(3)式に示す。

$$D_m = \frac{1}{2} \left( \frac{\int_0^B D_L dx}{B} + \frac{\int_0^B D_U dx}{B} \right) \quad \dots\dots\dots (3)$$

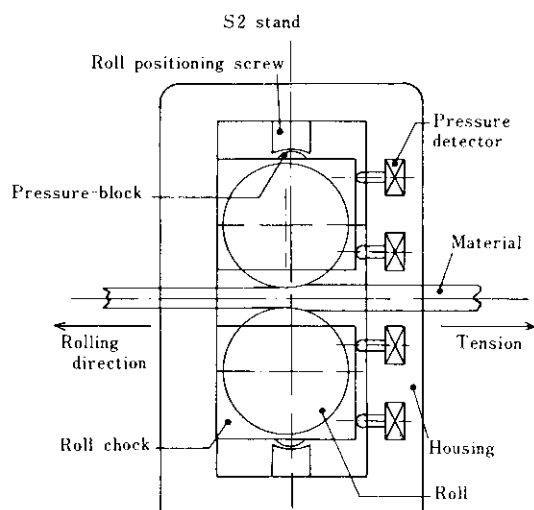


Fig. 2 Equipment for measuring tension between S1 and S2

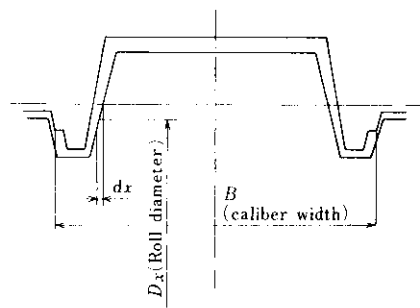


Fig. 3 Definition of  $D_x$ ,  $B$  and  $dx$  for calculation of mean roll diameter

$D_L$ : 下ロール径  
 $D_U$ : 上ロール径  
 $B$ : カリバー幅

(3)式より求めた平均ロール径を用いて、鋼矢板2形サイズについて伸び率と先進率の関係を実測すると Fig. 4 のようになった。さらに、他サイズの鋼矢板について同様の実測を行いまとめた結果が Table 2 である。

Table 2 より、先進率は (4) 式のように表わすことができる。

$$f = (\lambda - 1)^2 + a \quad \text{..... (4)}$$

ここで  $a$  は各種サイズの鋼矢板の最終孔形状

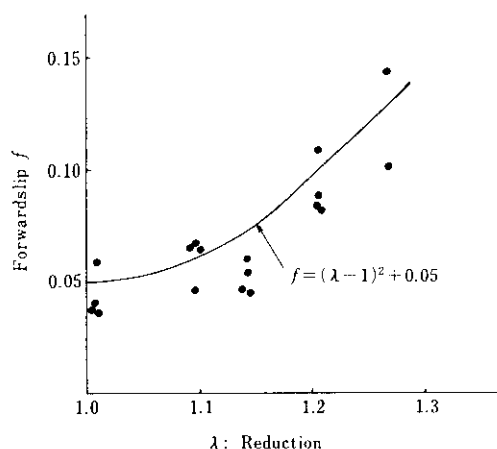
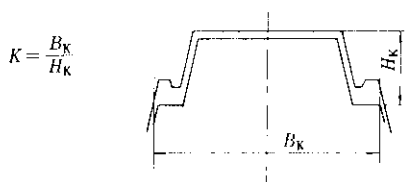


Fig. 4 Experimental relation and regression curve between forward slip and reduction for SP-2

Table 2 Calculation method of forward slip  $f$

| Size  | Regression equation           | Caliber coefficient: $K$ |
|-------|-------------------------------|--------------------------|
| SP-2  | $f = (\lambda - 1)^2 + 0.050$ | 3.74                     |
| SP-3  | $f = (\lambda - 1)^2 + 0.040$ | 2.90                     |
| SP-4  | $f = (\lambda - 1)^2 + 0.030$ | 2.43                     |
| SP-3A | $f = (\lambda - 1)^2 + 0$     | 2.62                     |
| SP-4A | $f = (\lambda - 1)^2 - 0.005$ | 2.20                     |

Definition of "K"



$$K = \frac{B_K}{H_K}$$

より便宜的に定める孔形状係数  $K$  (Table 2 参照) に依存する常数である。 $K$  と  $a$  の関係は  $K4 \sim K2$  では Fig. 5 のようになる。

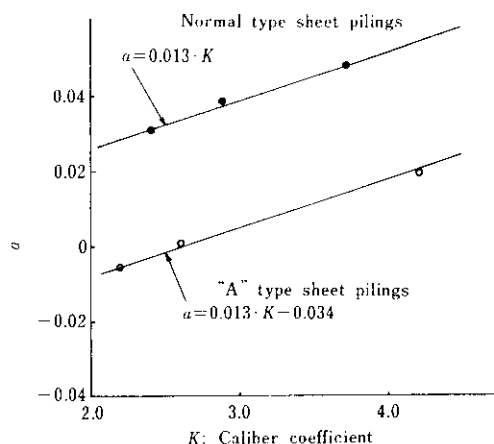


Fig. 5 Relation between  $a$  and  $K$  on K2-K4 calibers

一方、最終 K1 カリバーにおいては継手部の曲げ加工が主体となることから、圧延特性が異なるものと推定し区別して検討した。K1 カリバーにおける伸び率は製品の型による差はほとんどなく、約 1.01 であるから、先進率との関係を求めることは困難である。そのため先進率と伸び率の関係は (4) 式と同じとし、定数  $a$  と孔形状係数  $K$  との関係は Fig. 6 のようになる。

以上をまとめると先進率算出の一般式は、(5) 式のようにになる。

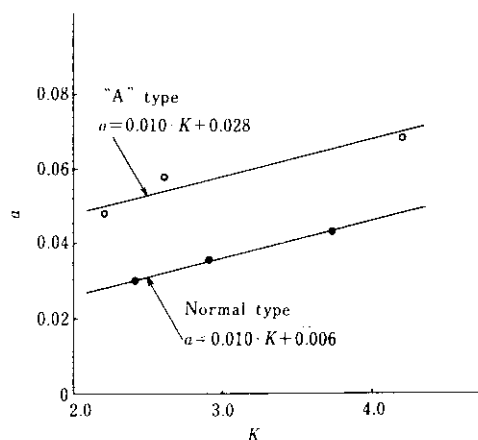


Fig. 6 Relation between  $a$  and  $K$  on K1 caliber

$$f = (\lambda - 1)^2 + AK + B \quad \dots\dots\dots (5)$$

(5) 式の定数  $A, B$  を, Table 3 にまとめて示す。

Table 3 Constants for formula (5)

| Caliber<br>number | Sheet<br>pilings | Constants |       |
|-------------------|------------------|-----------|-------|
|                   |                  | A         | B     |
| K4~K2             | Normal           | 0.013     | 0     |
|                   | A                |           | 0.034 |
| K1                | Normal           | 0.010     | 0.006 |
|                   | A                |           | 0.028 |

### 3.2 張力圧延による先・後進率変化

連続スタンド間に張力を発生させる両スタンド間の速度アンバランスを表すパラメータを定め、速度アンバランスと先・後進率の関係を鋼矢板 1A 形サイズで調査した。この際連続圧延スタンドとしては、前・後段圧延機とも十分な圧下量をとることのできる S1, S2 圧延機間を対象とした。

なお、以下の説明における記号の用法を次のように定める。すなわち、ある特定値  $a$  について、無張力状態における値  $a$  と張力状態における値  $a'$  との差を  $\Delta a (= a' - a)$  と定め  $a'$  のかわりに  $(a + \Delta a)$  を用いることにする。また、サフィクス 1 は前段圧延機、サフィクス 2 は後段圧延機における値を示す。

速度アンバランス ( $U$ ) は (6) 式で定義した。

$$U = \frac{\Delta v_2}{v_2} - \frac{\Delta v_1}{v_1} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$v_1 (v_2)$ : 平均ロール径周速

(6) 式の定義では、速度アンバランスは張力圧延時には正となり、圧縮力が働く場合は負となる。

速度アンバランスの与え方は、上・下ロール隙を一定に保ち無張力状態における S1, S2 圧延機のロール周速から S1 圧延機周速  $v_1$  のみを変化させる方法を採用した。Fig. 7 に S1, S2 圧延機のロール速度を張力圧延状態に設定しておき、材料が S2 圧延機に噛みこんだ時の S1, S2 圧延機間の材料速度変化と速度アンバランスとの関係を示す。材料速度はレーザ速度計で測定した。

同様の測定方法で S1, S2 スタンド入、出側の材料速度を測定し、Fig. 8 に示すような速度アンバ

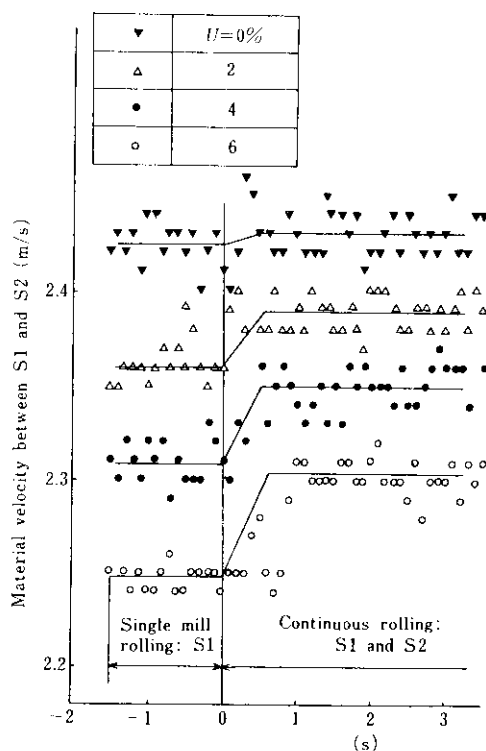


Fig. 7 Material velocity changes due to tension between S1 and S2

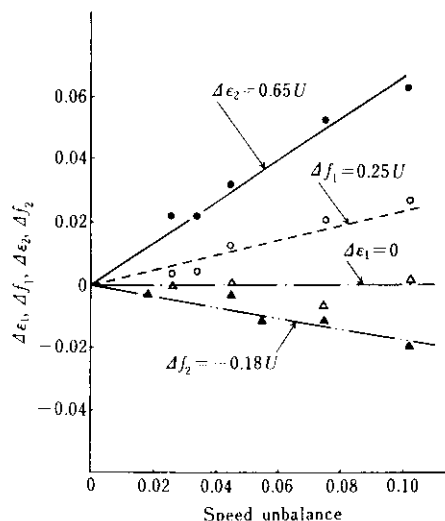


Fig. 8 Experimental relation between speed unbalance and changed value of forward or backward slip

ランスと先・後進率変化量の関係を得た。

実験結果を次にまとめる。ただし  $\epsilon$  は後進率を示す。

$$\left. \begin{aligned} \Delta f_1 &= 0.25 U \\ \Delta \varepsilon_1 &= 0 \\ \Delta f_2 &= -0.18 U \\ \Delta \varepsilon_2 &= 0.65 U \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

以上から速度アンバランスが増加すれば、 $\varepsilon_2$ 、 $f_1$ は増加し、 $f_2$ は減少し、 $\varepsilon_1$ は変化しないことがわかる。

### 3・3 スタンド間張力と速度アンバランスの関係

スタンド間張力は、連続圧延での前段スタンドの所要動力が、材料が後段スタンドに噛みこむ前後で変化する量を測定し、(8)式から導かれる(9)式により算出できる。

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= P_1(m_{1u} + m_{1l}) - 2FR_{m_1} \\ T_2 &= P_2(m_{2u} + m_{2l}) + 2FR_{m_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta T_1 &= 2\Delta P_1 m_1 + 2P_1 \Delta m_1 - 2\Delta FR_{m_1} \\ \Delta T_2 &= 2\Delta P_2 m_2 + 2P_2 \Delta m_2 + 2\Delta FR_{m_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

ここで、

$P_1$  ( $P_2$ ) : 圧延荷重

$m_{1u}$ ,  $m_{1l}$  ( $m_{2u}$ ,  $m_{2l}$ ): 上, ドロールでのトルク・アーム

$T_1$  ( $T_2$ ) : 電流値から換算した所要トルク

$R_{m_1}$  ( $R_{m_2}$ ) : 平均ロール半径

$F$  : スタンド間全張力

$$m_1 = \frac{(m_{1u} + m_{1l})}{2}$$

$$m_2 = \frac{(m_{2u} + m_{2l})}{2}$$

さらに、(9)式の $\Delta T_1$ 、 $\Delta P_1$ などは、速度アンバランスを加えることによって生じた変化量を表わす。

以上の計算式を用い鋼矢板 1A 形サイズにおける実験結果から推定したスタンド間張力と張力測定装置による実測値との比較を Fig. 9 に示す。

なお計算では $2P_1 \Delta m_1$ および $2P_2 \Delta m_2$ については、微小と考えられるので無視した。

Fig. 9 に示すように、(9)式により推定したスタンド間張力は次式のようになる。

$$\sigma = 72U + 0.50 \dots\dots\dots (10)$$

$\sigma$ : 材料に働く引張応力

また実測によるスタンド間張力は次式のようになる。

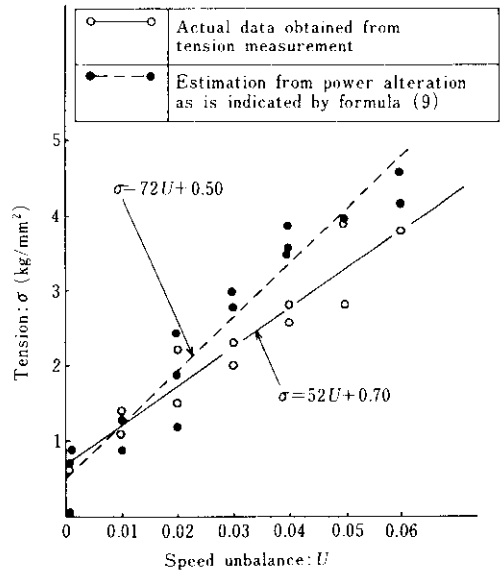


Fig. 9 Relation between speed unbalance and tension

$$\sigma = 52U + 0.70 \dots\dots\dots (11)$$

(10)式と(11)式を比較した結果、 $0 \leq U \leq 0.06$ の範囲でよく一致しており、この範囲では動力変化から推定する方式の妥当性が確かめられたといえよう。

### 3・4 速度アンバランスと製品寸法・形状の変化

Fig. 10 は、S1-S2 スタンド間の速度アンバランスが製品各部分の寸法にどのような影響を及ぼすかを示したものである。速度アンバランス、いはいえればスタンド間張力の影響を最も大きく受けるのは継手部寸法である。

継手部寸法のうち管理限界を定めている継手部肩肉厚み (joint thickness) と開口部幅 (joint gap) に対する速度アンバランスの影響を示したものが Fig. 11 である。

Fig. 10, Fig. 11 から、AMTC 方式の制御を採用した際の速度アンバランスが 3% 以下であれば、製品寸法・形状に与える影響は実用上支障がないことがわかる。

次に、鋼矢板の継手部分のスタンド間張力による形状変化についての調査結果を示す。

Fig. 12 は、S1-S2 スタンド間速度アンバランスの大小による継手部形状の変化を示したものである。これは、完全連続圧延 (perfectly continuous

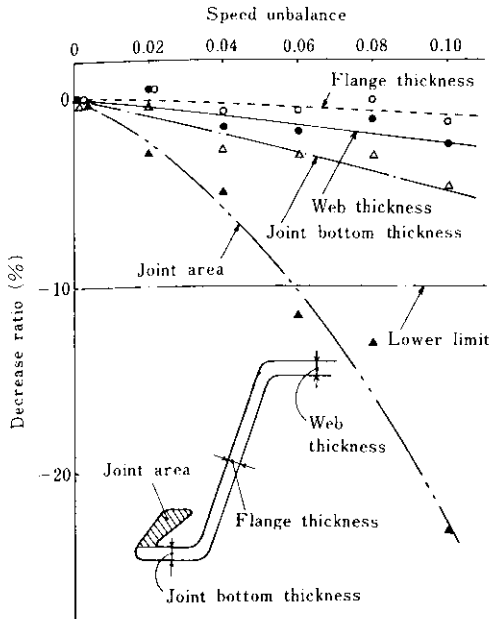


Fig. 10 Effect of speed unbalance on the ratio of dimension decrease of sheet piling

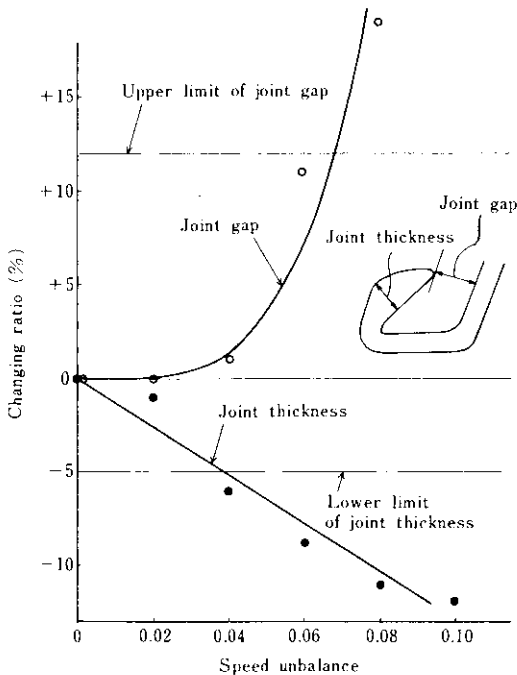


Fig. 11 Effect of speed unbalance on the ratio of dimensional change of sheet piling joint

rolling) 部分のものである。

Fig. 13 は、速度アンバランス 8% における先・後端の不完全連続圧延 (imperfectly continuous

| Speed unbalance | Sheet pile joint profile |            |
|-----------------|--------------------------|------------|
|                 | Operator side            | Drive side |
| 0.00            |                          |            |
| 0.02            |                          |            |
| 0.04            |                          |            |
| 0.06            |                          |            |
| 0.08            |                          |            |
| 0.10            |                          |            |

Fig. 12 Transformation of sheet piling joint profile by changing speed unbalance

rolling) 部分の継手部寸法変化を圧延方向で調べたものである。これから、継手部肩厚みは先端または後端から材料中央部に向けて直線的に減少し、開口部幅は完全連続圧延部分近くの約 3m の範囲で、急に大きくなるという現象がみられた。

## 4. 考 察

### 4.1 速度アンバランスと材料断面積変化の関係

3 章では、速度アンバランスと製品寸法変化の関係を述べたが、ここでは、定常状態における速度アンバランスの大・小が先・後進率の大きさに影響を及ぼし、それに伴い連続スタンド間の材料断面積が受ける影響を検討した。

なお、式中の記号は 3 章で述べたものと同一である。

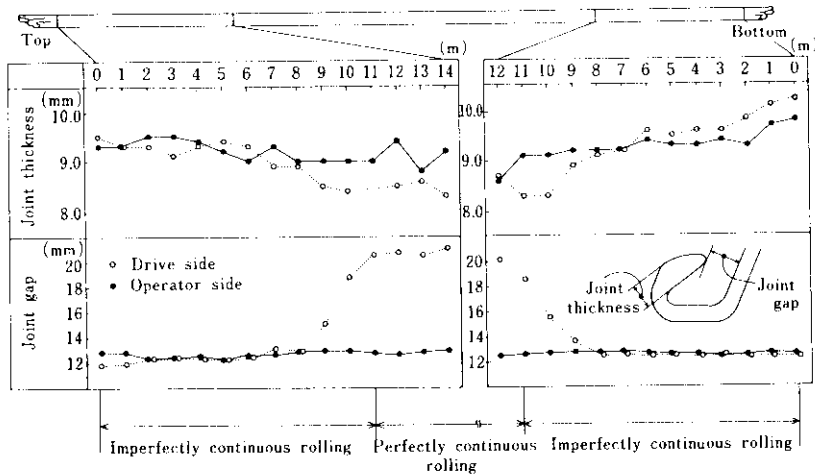


Fig. 13 Changes of sheet piling joint dimensions with the speed unbalance of 0.08

速度アンバランス=0 の定常状態では、(12)式がなりたつ。

$$\begin{aligned} a_{11}(1-\epsilon_1)v_1 &= a_{12}(1+f_1)v_1 \\ &= a_{21}(1-\epsilon_2)v_2 = a_{22}(1+f_2)v_2 \quad \dots\dots(12) \end{aligned}$$

$a_{11}, a_{12} (a_{21}, a_{22})$ : 材料の圧延機への入・出側断面面積 ( $a_{11}$  は S1 の入側断面面積を表わす)

速度アンバランス=0 の状態から微小な速度アンバランスを加えたのち、定常状態となったとき(13)式がなりたつ。

$$\begin{aligned} (a_{11} + \Delta a_{11})(1 - \epsilon_1 - \Delta \epsilon_1)(v_1 + \Delta v_1) \\ = (a_{12} + \Delta a_{12})(1 + f_1 + \Delta f_1)(v_1 + \Delta v_1) \\ = (a_{21} + \Delta a_{21})(1 - \epsilon_2 - \Delta \epsilon_2)(v_2 + \Delta v_2) \\ = (a_{22} + \Delta a_{22})(1 + f_2 + \Delta f_2)(v_2 + \Delta v_2) \quad \dots\dots(13) \end{aligned}$$

(12), (13) 式より,

$$\begin{aligned} \left(1 + \frac{\Delta a_{11}}{a_{11}}\right) \left(1 - \frac{\Delta \epsilon_1}{1 - \epsilon_1}\right) \left(1 + \frac{\Delta v_1}{v_1}\right) \\ = \left(1 + \frac{\Delta a_{12}}{a_{12}}\right) \left(1 + \frac{\Delta f_1}{1 + f_1}\right) \left(1 + \frac{\Delta v_1}{v_1}\right) \\ = \left(1 + \frac{\Delta a_{21}}{a_{21}}\right) \left(1 - \frac{\Delta \epsilon_2}{1 - \epsilon_2}\right) \left(1 + \frac{\Delta v_2}{v_2}\right) \\ = \left(1 + \frac{\Delta a_{22}}{a_{22}}\right) \left(1 + \frac{\Delta f_2}{1 + f_2}\right) \left(1 + \frac{\Delta v_2}{v_2}\right) \quad \dots\dots(14) \end{aligned}$$

2 次以上の微小変化率を無視すれば、近似的に次の式がなりたつ。

$$\frac{\Delta a_{11}}{a_{11}} - \frac{\Delta \epsilon_1}{1 - \epsilon_1} = \frac{\Delta a_{12}}{a_{12}} + \frac{\Delta f_1}{1 + f_1} \quad \dots\dots(15)$$

$$\frac{\Delta a_{12}}{a_{12}} + \frac{\Delta f_1}{1 + f_1} + \frac{\Delta v_1}{v_1} = \frac{\Delta a_{21}}{a_{12}} - \frac{\Delta \epsilon_2}{1 - \epsilon_2} + \frac{\Delta v_2}{v_2} \quad \dots\dots(16)$$

$$\frac{\Delta a_{21}}{a_{12}} - \frac{\Delta \epsilon_2}{1 - \epsilon_2} = \frac{\Delta a_{22}}{a_{22}} + \frac{\Delta f_2}{1 + f_2} \quad \dots\dots(17)$$

前段スタンド入側の材料断面面積は、スタンド間張力の影響を受けないので、一定であり  $\Delta a_{11} = 0$  とすれば、(15)式は、

$$\frac{\Delta a_{12}}{a_{12}} = -\frac{\Delta f_1}{1 + f_1} - \frac{\Delta \epsilon_1}{1 - \epsilon_1} \quad \dots\dots(18)$$

(16), (18) 式および  $a_{12} = a_{21}$  より

$$\frac{\Delta a_{21}}{a_{12}} = \frac{\Delta v_1}{v_1} - \frac{\Delta v_2}{v_2} - \frac{\Delta \epsilon_1}{1 - \epsilon_1} + \frac{\Delta \epsilon_2}{1 - \epsilon_2} \quad \dots\dots(19)$$

(17), (19) 式より,

$$\frac{\Delta a_{22}}{a_{22}} = \frac{\Delta v_1}{v_1} - \frac{\Delta v_2}{v_2} - \frac{\Delta \epsilon_1}{1 - \epsilon_1} - \frac{\Delta f_2}{1 + f_2} \quad \dots\dots(20)$$

材料が前段スタンドを出てから、後段スタンドに噛みこむまでの間での断面面積の変化量  $\Delta a_{21} - \Delta a_{12}$  は、(18)式より,

$$\frac{\Delta a_{21} - \Delta a_{12}}{a_{12}} = \frac{\Delta v_1}{v_1} - \frac{\Delta v_2}{v_2} + \frac{\Delta f_1}{1 + f_1} + \frac{\Delta \epsilon_2}{1 - \epsilon_2} \quad \dots\dots(21)$$

したがって、ロール周速の変化率  $\Delta v_1/v_1, \Delta v_2/v_2$  と、それに伴う先・後進率の変化量  $\Delta \epsilon_1, \Delta f_1, \Delta \epsilon_2, \Delta f_2$  が求まれば、速度アンバランスによる材料の断面面積の変化量が求まる。

一例として、鋼矢板1A形サイズにおけるS1-S2スタンド間の速度アンバランスの影響について述べる。Table 1に示した圧延条件で調査した先、後進率等は次のとおりである((7)式参照)。

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= 0.094 \\ \epsilon_1 &= 0.174 \\ f_2 &= 0.085 \\ \epsilon_2 &= 0.074 \\ \Delta f_1 &= 0.25U \\ \Delta \epsilon_1 &= 0.00 \\ \Delta f_2 &= 0.18U \\ \Delta \epsilon_2 &= 0.65U \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (22)$$

以上から、断面積変化量を速度アンバランス $U$ でまとめると、(18)~(22)式より次の各式が得られる。

$$\frac{\Delta a_{12}}{a_{12}} = -0.23U \dots\dots\dots (23)$$

$$\frac{\Delta a_{21}}{a_{12}} = -0.30U \dots\dots\dots (24)$$

$$\frac{\Delta a_{22}}{a_{22}} = -0.84U \dots\dots\dots (25)$$

(23), (24)式は、速度アンバランスにより前段スタンド出側で $U$ の23%の断面積減少を発生し、さらにスタンド間では張力により7% (0.30-0.23)の断面積が減少することを意味する。また、(25)式は、後段スタンド出側において連続圧延で無張力状態であった材料断面積と比較し、張力を受けた材料は $U$ の84%の断面積減少となることを表わしている。

## 5. むすび

実験結果のまとめを次に示す。

(1) 鋼矢板孔形圧延における先進率は、減面率と仕上げ孔形状から、次式により求まる。

$$f = (\lambda - 1)^2 + AK + B$$

(2) 連続スタンド間で、張力による後段スタンドの後進率変化が最も大きく、次に前段スタンドの先進率であり、速度アンバランスにより下式のように表わすことができる。

$$\Delta \epsilon_2 = 0.65U$$

$$\Delta f_1 = 0.25U$$

(3) スタンド間張力と速度アンバランスの関係は、次式で表わされる。

$$\sigma = 72U + 0.50$$

(4) スタンド間の速度アンバランスによる材料断面積変化は、次式で示すことができる。

$$\frac{\Delta a_{22}}{a_{22}} = -0.84U$$

以上から、鋼矢板の連続圧延特性を定量的に把握し、形鋼の圧延理論解明の一助とすることができた。

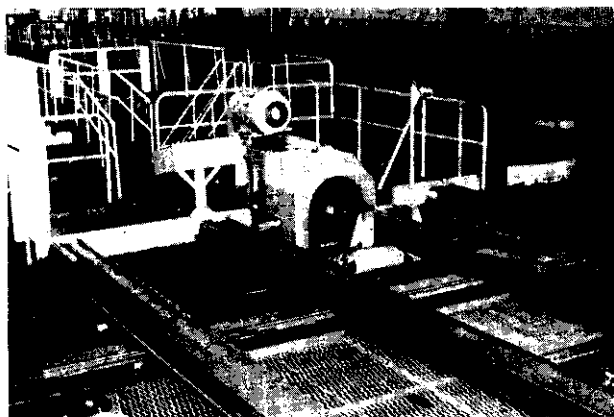
また、現在、営業生産を開始して約1年を経過しているが、連続圧延により十分精度の高い鋼矢板を得ている。今後、さらに連続圧延可能品種を拡大する必要がある。

## 参 考 文 献

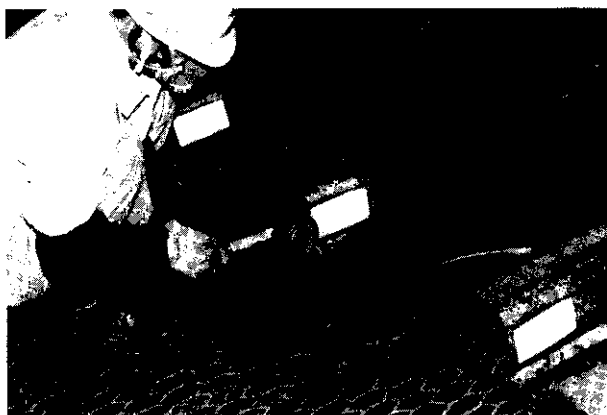
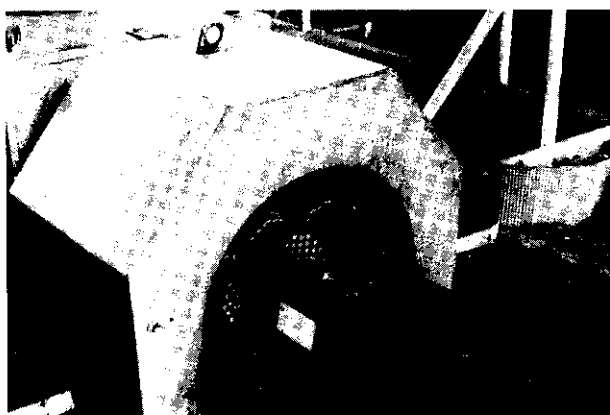
- 1) 森川, 吉原: 川崎製鉄技報, 4 (1972) 4, 546~560
- 2) Z. Wusatowski: Fundamentals of Rolling, (1969), 144~202 (Pergamon Press)
- 3) 斉藤: 圧延研究の進歩と最新の圧延技術 (日本鉄鋼協会圧延理論部会編), (1974), 233~251
- 4) 京井, 中島, 児玉, 五十住, 渡辺: 第56回圧延理論部会資料
- 5) 京井, 中島, 児玉, 五十住, 渡辺: 鉄と鋼, (1977), 77-A17~A20

## 鋼矢板の整端装置

ホットソーで鋼矢板を鋸断時に生じる端部バリの除去装置を開発した。



整端装置



従来の手入作業