

広幅断面のロール成形に関する実験的研究 第3報

Experimental Study on Cold Roll Forming of Wide Profiles 3rd Report

—成形条件が製品形状に与える影響—
 —Effects of Process Variables on Shape of Product—
 (台形と直線の複合断面の場合)

鈴木 弘*・木内 学*・新谷 賢*

Hiroumi SUZUKI, Manabu KIUCHI and Ken SHINTANI

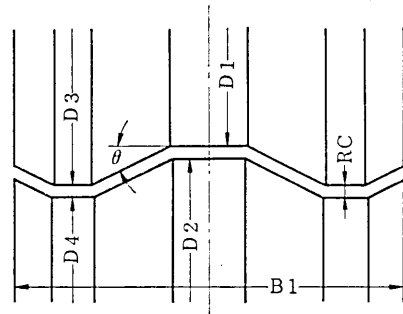
1. ま え が き

ロールフォーミング加工では、素材の幅方向の各点はそれぞれ異なる空間的軌跡をたどり、異なる歪径路を経て成形される。その際、長手方向・幅方向から各種付加的歪が必然的に加わり、断面成形のための幅方向曲げ変形に本質的な影響を与え、製品形状を規定する基本的要因となる。本報では広幅断面形状のうち、台形と直線の複合断面について単スタンド成形を行ない、入口ガイド・ロール間で素材の幅方向の各点がたどる進入径路が製品形状に与える影響について検討した結果を報告する。

2. 実験方法および実験条件

実験装置概略図を図1に示す。素材は入口ガイドを通過してロールに至り成形される。入口ガイドと下ロール中央部先端が水平な一直線上にある場合を基準パスラインとする。素材が下ロール側から進入する場合を進入角 $\alpha > 0$ 、逆の場合を $\alpha < 0$ とする。成形ロールの形状および寸法を図2、製品断面形状を図3、実験条件を表1に示す。素材の変形挙動を知るため、素材表裏面の長手方向・幅方向・45度方向に抵抗線型歪ゲージを貼付した素材を成形し(図4参照)、成形過程において生ずる表面歪の推移を測定し、その結果より素材内部の膜歪、曲げ歪、剪断歪を算出する。また成形中の素材の変形曲面形状を測定するため、あらかじめ素材表面に長手方向、幅

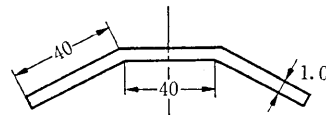
方向に 10 mm 間隔の網目を描いておき、成形中にロールが素材を噛込んだ状態で成形を停止し、石膏を用いて



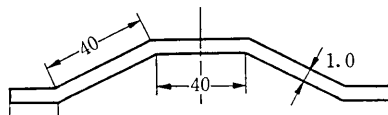
mm						
θ	RC	B1	D1	D2	D3	D4
10	1.0	203.0	172.1	185.7	185.7	172.1
20	1.0	203.0	166.4	193.6	193.6	166.4

図2 ロール形状および寸法

第1種 板幅: 120 mm



第2種 板幅: 160



第3種 板幅: 200

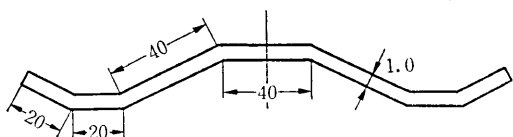


図3 製品断面形状

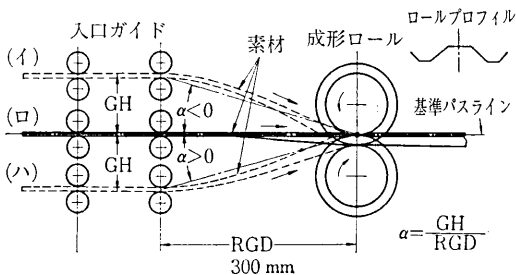


図1 実験装置概略図

* 東京大学生産技術研究所 第2部

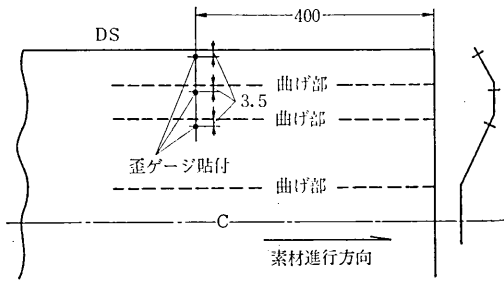


図4 歪ゲージ貼付位置

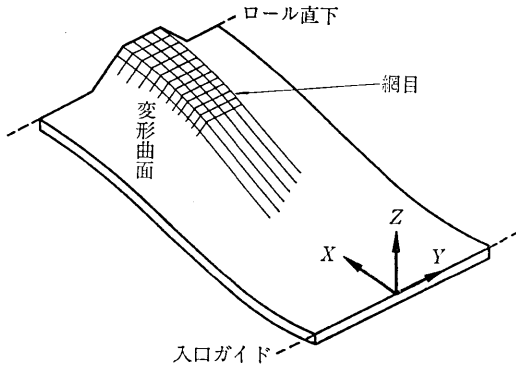


図5 座標軸のとり方

表1 実験条件

1. 素材材質	Al-O, H/2, H材
2. 素材板幅	120, 160, 200 mm
3. 素材板厚	1 mm
4. 素材板長	1 m
5. 進入角(α)	($-0.11 \sim 0.16$) 5段階
6. 駆動方式	上下軸直結駆動方式
7. 圧下調整	定クリアランス方式
8. 成形速度	約 3m/min

曲面の型どりをし、石膏表面に転写された網目の交点の三次元座標を測定した。ただし、座標軸は図5のように定める。

3. 歪推移の測定結果と考察

以下、 $\alpha=0.03$, $\theta_{Roll}=20$ 度は一定とし、材質、断面形状が異なる場合の測定結果について、幅方向曲げ歪 (e_{yb})、長手方向曲げ歪 (e_{xb})、幅方向膜歪 (e_{yy})、長手方向膜歪 (e_{xx})、剪断歪 (γ_{xy}) の推移について検討する。

(1) 幅方向曲げ歪 (e_{yb}) の推移 (図6参照)

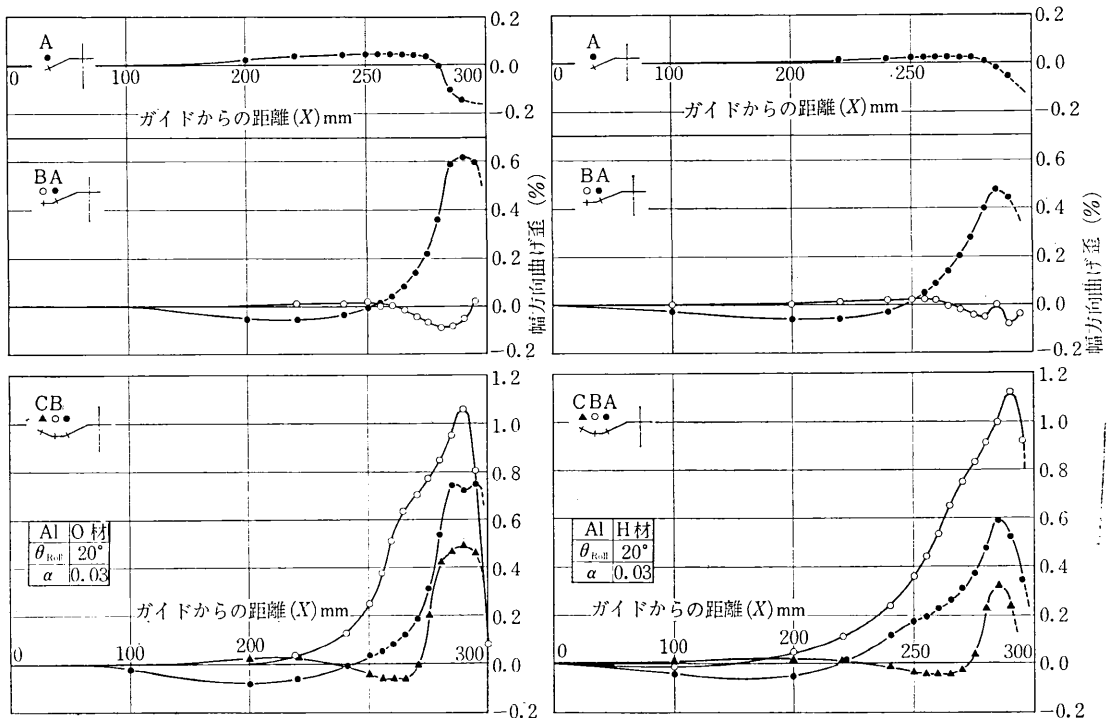


図6 幅方向曲げ歪の推移

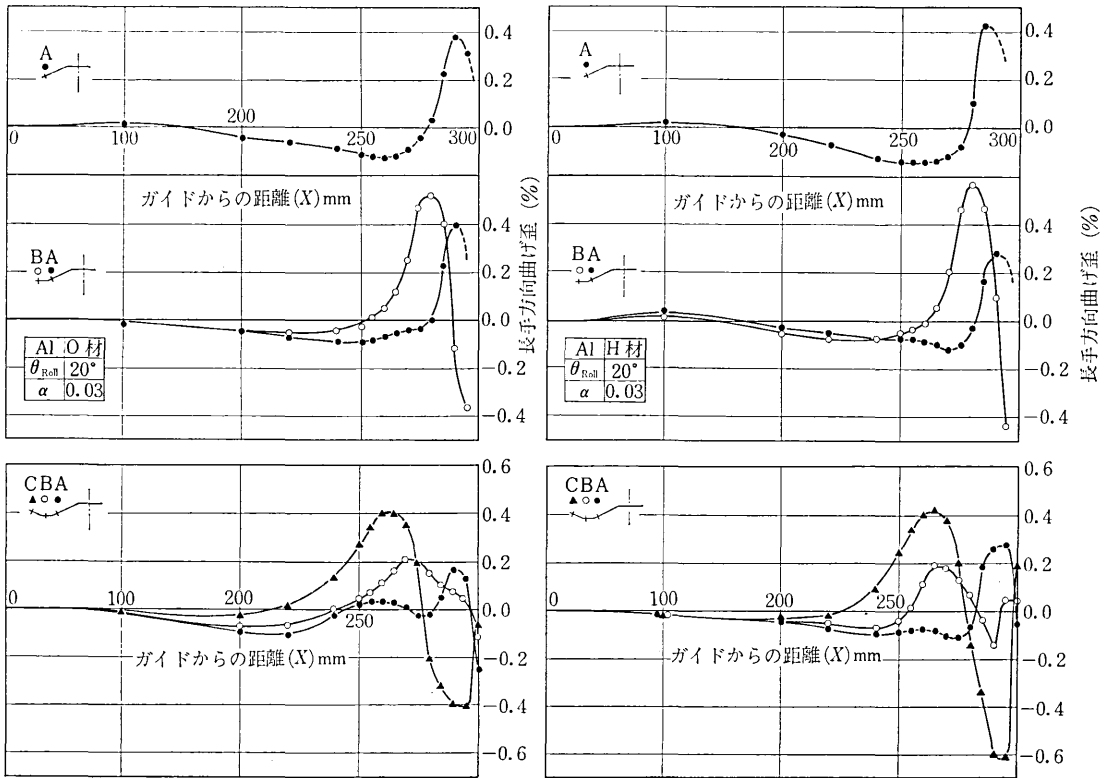


図 7 長手方向曲げ歪の推移

e_{yb} の分布・推移およびその残留の程度は製品形状に直接影響を与える。成形過程における e_{yb} の挙動は成形断面の形状が変わると変化し、第1種と第2・3種のA点で比較すると、推移過程が大きく異なる。ただし、第2種と第3種とで比較すると変化は少ない。このことは、素材のある領域での e_{yb} の推移は直接隣接する領域の有無・形状およびその変形径路の影響を受けるが、それ以上離れた領域の影響は受けにくいことを示している。材質による e_{yb} の推移の相違はほとんどないが、O材の方がH材よりも幅方向に曲りやすく $|e_{yb}|$ が大きく現われる。

(2) 長手方向曲げ歪 (e_{xb}) の推移 (図7参照)

e_{xb} の挙動は製品の断面形状に大きな影響を与える。一般に成形の最終段階において正の e_{xb} (鞍型の曲げ) が加わると断面はオーバーバンドになる。本実験結果においても成形の最終段階で e_{xb} が負から正の方向へ急激に増大する場合が多く存在し、第1・2・3種の各断面形状およびH材O材のいかんによらず曲げ部がこのような変形径路をたどる場合には後に示す製品断面形状がオーバーバンドの傾向を示す。

(3) 幅方向膜歪 (e_{yv}) の推移 (図8参照)

e_{yv} の推移は成形過程における素材の中央への寄りの難易と対応している。H材O材ともに断面形状が第1種から第3種まで変化すると、素材中央に近い点(例えばA点)に発生する e_{yv} は急激に増大する。

(4) 長手方向膜歪 (e_{xx}) の推移 (図9参照)

e_{xx} の幅方向分布は製品の長手方向そりおよび曲げ部の弾性回復量の大小と関係がある。 e_{xx} の分布・推移は断面形状、さらに材質が異ってもほとんど変化しない。ロール直下における e_{xx} の幅方向分布と後に示す製品の長手方向そりとは対応する。

(5) 剪断歪 (γ_{xy}) の推移 (図10参照)

素材各部にかなりの γ_{xy} が発生するが、H材O材を比較するとO材の方が γ_{xy} の発生する度合いが大きい。H材O材とも第3種A点に発生する γ_{xy} が最大になる。このことは材料の中央への寄りの難易と関連して重要な意味を有するが、 γ_{xy} の挙動と成形度との関係は未だ十分解明されていない。

4. 対ロール進入過程における変形曲面形状

図11に素材の各点が対ロール進入過程においてたどる空間的軌跡のX(長手)座標に対するZ(垂直)座標

研究速報

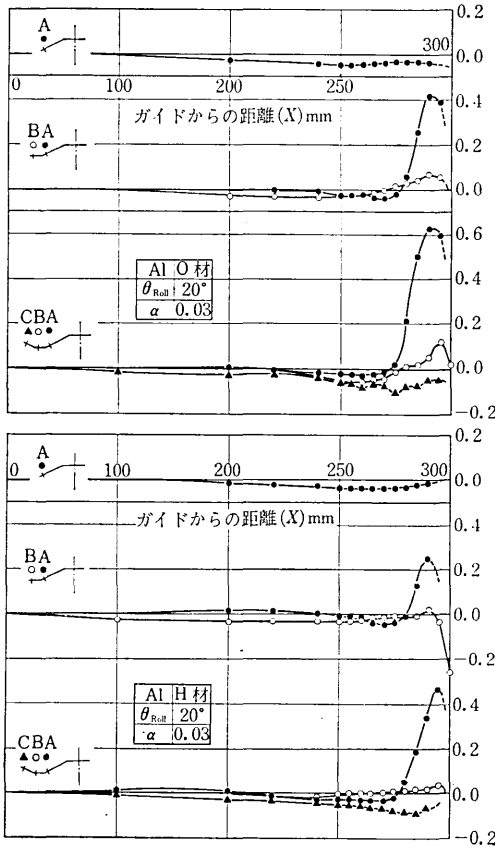


図 8 幅方向膜歪の推移

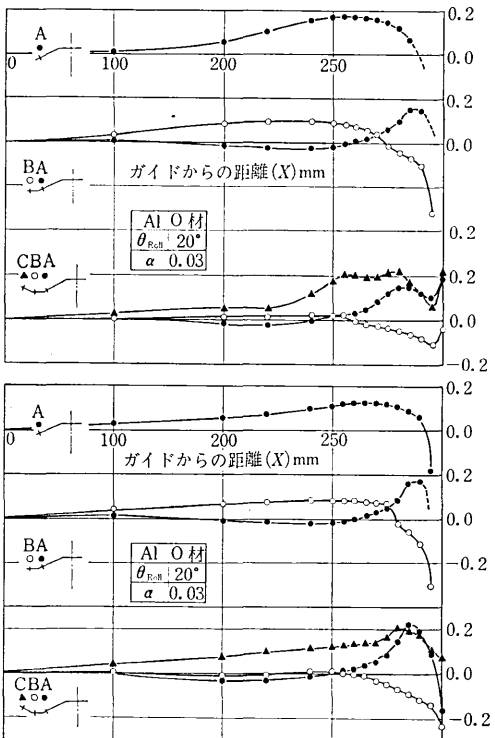


図 9 長手方向膜歪の推移

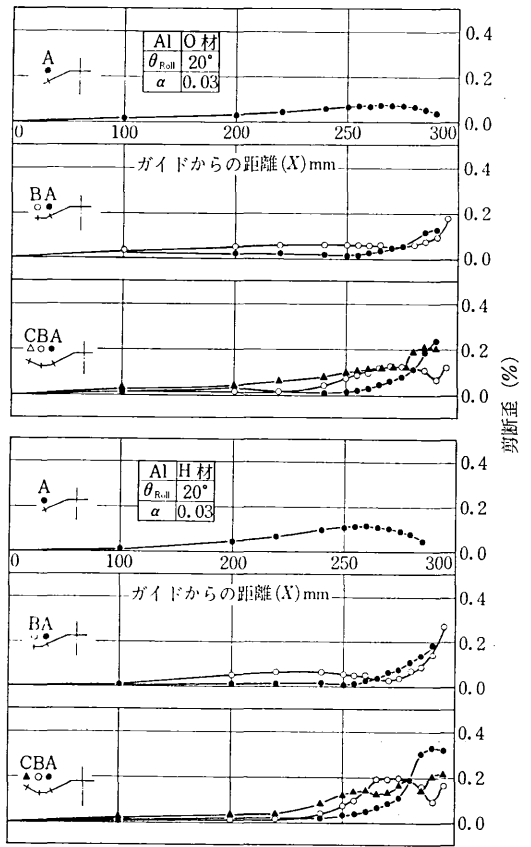


図 10 剪断歪の推移

の変化の測定例を示す。第 1・2・3 種の $Y=3$ の点の進入径路を比較すると素材幅が広がるほどロールの直前で急激に凹ロールになじむ (e_{xx} が正の方向へ増大する) 傾向が強まる。このことはこの部分の曲げ角が成形後オーバーベントになる度が強まることと対応している。

5. 製品形状の測定結果と考察

長手方向の形状はそり曲率 ($1/\rho_x$) で評価する。製品の中央部が鞍型の場合を $1/\rho_x > 0$ 、逆の場合を $1/\rho_x < 0$ とする。幅方向の形状は (製品角度) / (ロール角度) = 成形度 (f) で評価する。

(1) 長手方向そり曲率: $1/\rho_x$ (図 12 参照)

長手方向そりは e_{xx} の幅方向分布に主として規定される。しかし、単一断面の場合は e_{xx} が製品中央から縁に向って単調に分布する傾向が強いが、広幅断面のように e_{xx} の幅方向分布が単調でありえない場合はそりとの対応関係を単純に理解することは困難である。広幅断面では e_{xx} の正の領域、負の領域が幅方向に交互に現われる場合が多く、そのような場合には一般にそりにくくなる。さらに曲げが進行すると長手方向の曲げ剛性が増大するため、そりの発生が抑制される。

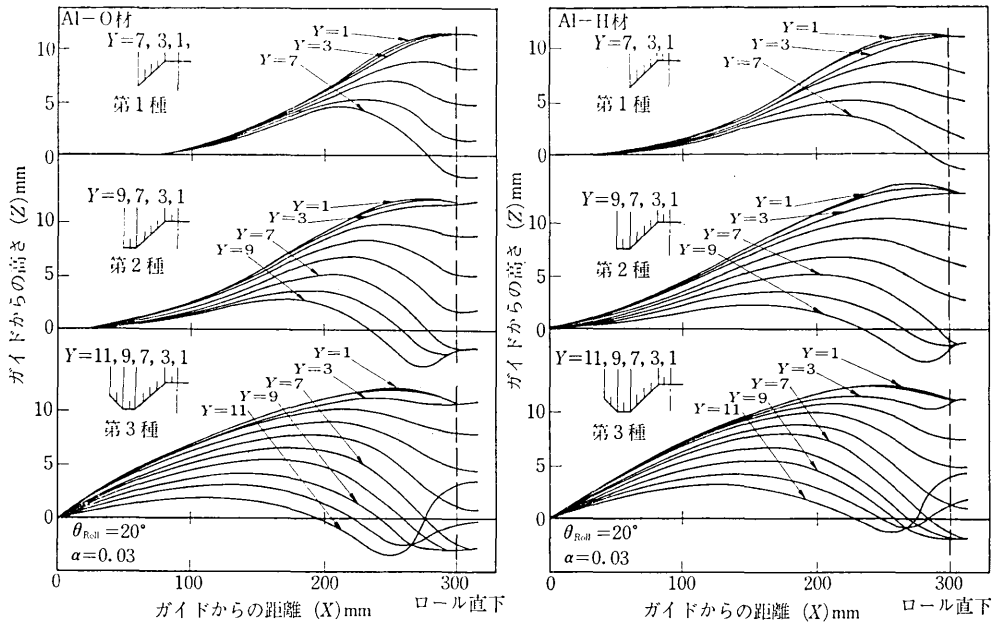


図 11 X-Z の関係

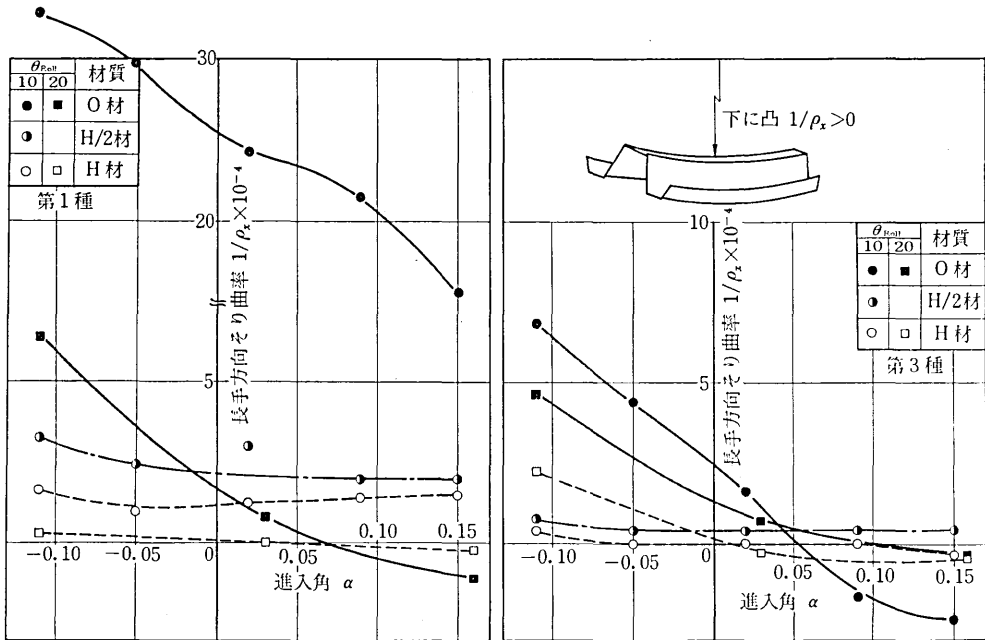


図 12 進入角が長手方向そり曲率に与える影響

(2) 幅方向成形度: f (図 13 参照)

一般に f は曲げ部の進入径路により大きな影響を受ける。成形断面の長手方向の曲げ剛性が小さい場合、曲げ部は α の正負に対応して、単純に凸ロール側または凹ロール側から進入する。長手方向の曲げ剛性がある程度大きくなると進入径路は単純でなくなり、 α が正の場合でも最初凸ロールに沿っていた曲げ部がいったんいき過ぎ

て凹ロールにあたり、次には凹ロールに沿って進入することがある。このような場合はオーバーバンドの傾向が助長される。 α が負の場合逆の径路をたどりスプリングバックすることもある。さらに断面の各部分はそれぞれ別々にロールになじみながら成形され、その際進入径路は相互に影響し合う。成形断面が浅い場合、 α によらず H材の各部の進入径路は比較的単調であるのに対し、O

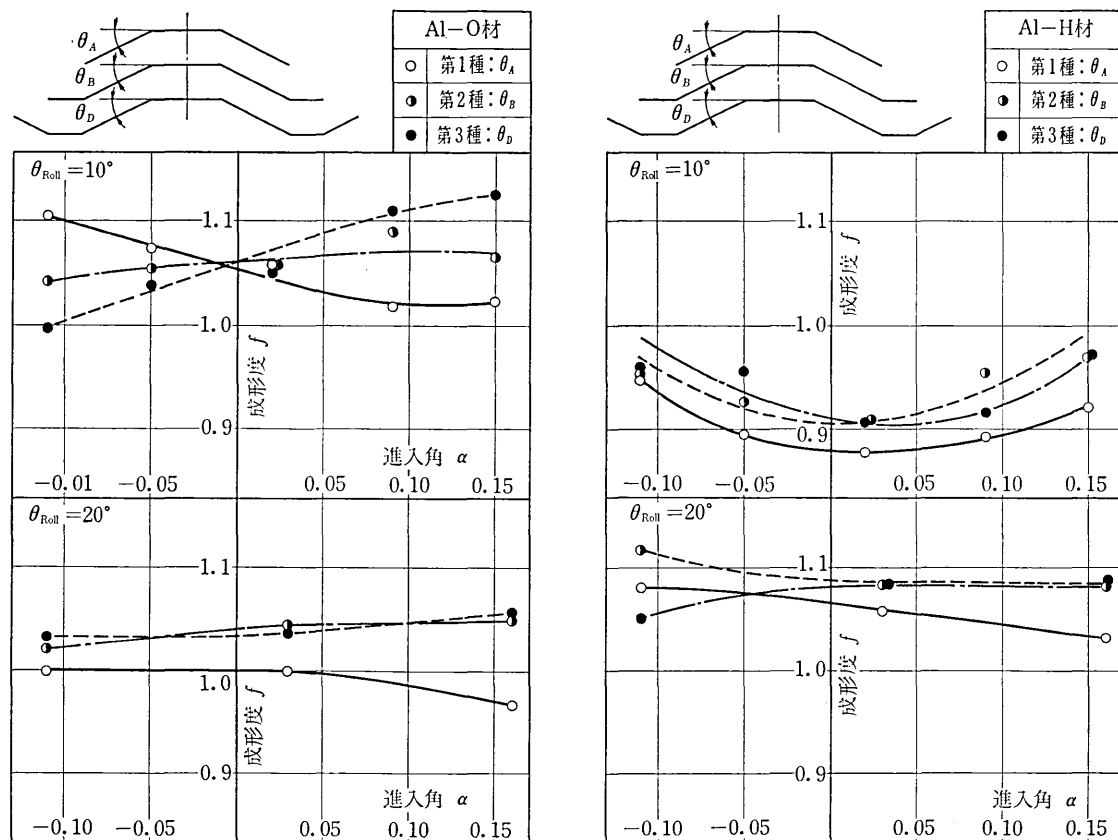


図 13 進入角が成形度に与える影響

材ではロール直前で急激に曲げ、曲げもどし加わる傾向が強い。例えば図 13 の $\theta_{Roll}=10$ 度の場合、H 材ではスプリングバック、O 材ではオーバードンとなっているのも上述の進入経路の差異によるものと考えられる。

6. ま と め

(1) 広幅断面の成形では、素材の各領域が互に拘束し合いながらロールに進入して行くが、離れた領域間の変形経路に対する相互作用は比較的少ない。

(2) 広幅断面の成形では幅方向膜歪 e_{yy} 、剪断歪 γ_{xy} の挙動を含む素材の中央への寄りの難易が問題となる。

(3) 一般に軟質材の方が硬質材に比べロールになじ

みやすく長手方向そりが発生しやすい。また断面形状が複雑になるほど長手方向そりが少なくなる。

(4) 成形断面が浅い場合、進入角によらず硬質材では各部の進入経路が単調であり、軟質材ではロール直前で進入経路に急激な変化を起す。しかし断面が深くなるとむしろ逆の傾向を示す。(1972 年 3 月 13 日受理)

参 考 文 献

- 1) 鈴木・木内他: 昭和 46 年度塑性加工春季講演会, 講演論文集 (1971)
- 2) 鈴木・木内他: 生産研究, Vol. 21, No. 12 (1969)
- 3) 鈴木・木内他: 生産研究, Vol. 22, No. 7 (1970)
- 4) 鈴木・木内他: 塑性と加工, Vol. 11, No. 112 (1970)
- 5) 鈴木・木内他: 塑性と加工, Vol. 12, No. 123 (1971)

