

ロールフォーミングに関する実験的研究 第8報

Experimental Study on Cold Roll Forming. —8th Report—

V形非対称断面のダンデム成形の際の製品形状とその発生機構

Mechanism of Determination for Profile of Roll-Formed Products of Non-Symmetrical V-Section through Tandem Mills with Calibre Rolls

鈴木 弘*・木内 学*・中島 聡*・雪竹 泰三*

Hiromu SUZUKI, Manabu KIUCHI, Satoshi NAKAJIMA and Taizō YUKITAKE

1. まえがき

ロールフォーミングによる製品の形状は、成形過程で素材に生ずる各種の歪の分布形態によって規定され、その歪にアンバランスが生じたとき、製品形状は悪化し、また、断面の成形度も低下する。なかでも長手方向形状不良としてのネジレは、実際生産の場においても非常に重要な問題となっている。一般に、ネジレは、附加的歪成分のうち長手方向膜歪 e_{xx} 、長手方向曲げ歪 e_{xb} の分布形態、あるいは、そのアンバランスのために起こり、その原因としては、断面がもともと非対称であるか、あるいは、ロールによる拘束が部分的に偏って加わる場合とが考えられる。特にV形非対称断面の場合は、その非対称性自体とロールの拘束が曲げ部に集中し、かつ、成形条件の微少なかたよりが、そのままロールの拘束のかたよりとなるためにネジレが出やすい。

そこで本報では、このネジレの問題をV形断面に関してとりあげ、成形中の歪成分の測定結果をもとにして、ネジレの発生機構を検討し、また、ネジレの形態を基本的なモデルに分類し、実際の製品形状と対応させつつその基本的構造を明らかにしたので報告する。

2. 基本的な考え方

1) ネジレの発生機構

ネジレは、断面各部の長手方向膜歪 e_{xx} 、および長手方向曲げ歪 e_{xb} の幅方向分布のアンバランスが製品のそりとして吸収しきれず、かつ、挫屈にも至らない場合に発生すると考えられる。しかし具体的に e_{xx} 、 e_{xb} の分布が求められた場合に、それが、そりになるかネジレになるか、あるいは、挫屈するかの判定の問題は、歪の絶対量、素材の機械的性質、断面のネジリ剛性、応力等を考慮した素材の変形の安定、不安定問題となり、かなり難しく、一般的判別の方法はまだ明らかでない。そこで筆者等は、ネジレに至る前の状態を2種の形状形態、すなわち、長手方向そり、および長手方向形状不整に分けて考え、それぞれの基本的形態を4種と6種に分類し、各々の場合に想定される e_{xx} 、 e_{xb} の分布形態を図1のように表わした。これらの分布形態については、すで

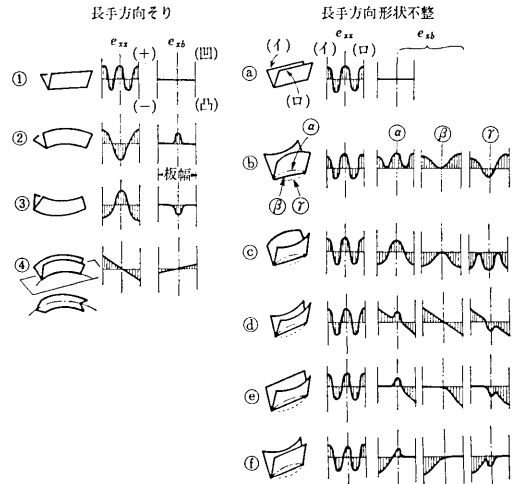


図1 長手方向そりと形状不整の基本的モデル

に本研究で行なった一連の実験的諸結果から大部分は明らかにされている。上述のように分類された4種のそり、および6種の形状不整に対応する歪分布を組合せることによって、非常に多くの歪分布形態ができ、それぞれ、そり、ネジレ、バックリングをもった製品形状が得られる。このうち、挫屈を除く変形形態で、実現可能なものに対応する歪分布形態を選びだし、さらに、それらの中で、ネジレとして現われると考えられるものの代表的な例を図2に示す。その場合の判定基準としては、 e_{xx} と e_{xb} との分布形態が、そりに対して逆方向に作用し相反する場合には、ネジレと考え、他方、 e_{xx} 、 e_{xb} の分布形態が、そりに対して同方向に作用する場合にはそりと考え得る。またその際、成形断面のネジリ剛性が小さいほどネジレが誘起されやすく、逆に、ネジリ剛性が大きいほどそりになりやすい。また、局部的に大きい e_{xx} 、 e_{xb} が発生すると挫屈を起しやすいと考えられるが、挫屈については、歪分布形態だけから推定することは、かなり無理な点が多いので、ここではこれ以上ふれないことにする。

2) ネジレの変形形態のモデル化と分類

長手方向そり、および長手方向形状不整の合成により得られる結果を整理し、ネジレの基本的な変形形態とし

* 東京大学生産技術研究所 第2部

研 究 速 報

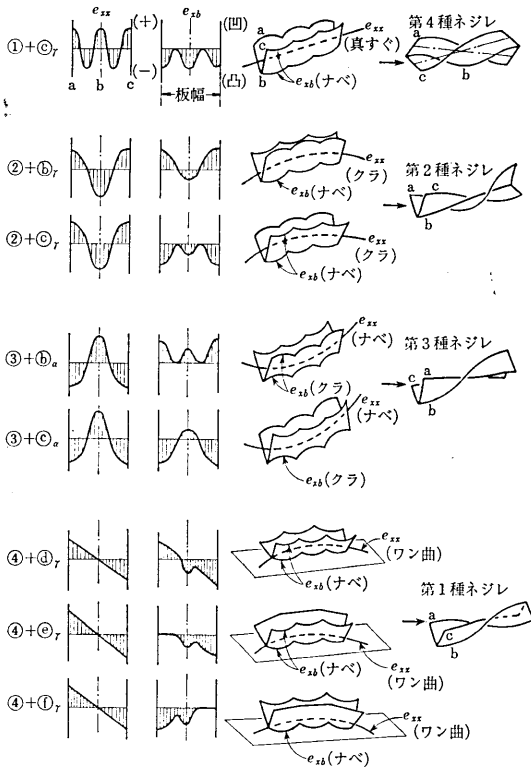


図 2 長手方向そりと形状不整の組合せによる代表的ネジレ

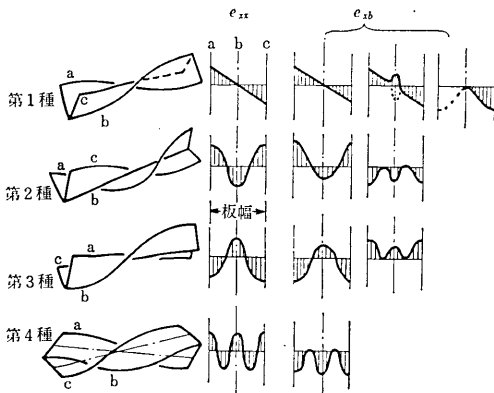


図 3 ネジレの変形形態のモデル

て実際に起こりうる場合を第 1 種から第 4 種の 4 つに分類し、図 3 に示す。また、このときのネジレの形態に対応する e_{xx} , e_{xb} の分布として、上で求めた合成した歪分布とは別にこの図のような分布が考えられるが、両者の分布形態はよく対応している。こうして得られたネジレの種類が、ネジレの基本形態のすべてをつくしていることは直観的にも納得できる。

3. 実験方法

実験は、4 組の V 形ロールと入口ガイドを図 4 に示すように配置し、素材を右から挿入して、最終設計曲げ角 40

度の V 形断面を成形し、その過程で生ずる断面各部の長手方向歪 e_{xx} , e_{xb} の推移を、幅方向 6 ケ所に貼った歪ゲージで測定した。また、製品のネジレ量は、最終スタンド出口側 300mm で測定した。なお、実験条件はネジレ大の場合とネジレなしの場合とに分けて条件を設定した。成形した断面形状は、対称 V 形断面、非対称（左右辺の比 17 : 20）V 形断面、一方の縁部に板厚の 10 倍幅の 1 回曲げと他方の縁部に 2 回曲げのフランジを付けた非対称 V 形断面の 3 種類。素材は、板厚対板幅の比が 1 : 295 の黄銅板で弾性比例限歪 $\epsilon_p = 0.07\%$ 、ヤング率 $E = 10300 \text{ kg/mm}^2$ である。

4. 測定結果

成形過程における素材各部に生ずる長手方向膜歪 e_{xx} 曲げ歪 e_{xb} の推移を、図 5 に示す。一般に e_{xx} の推移は、縁部ではスタンドの中間で増大し、ロール直下で零近くにもどり、腹部では逆にスタンド間でほぼ零に近い一定値をとり、直下で多少増大する。また、底部折曲げ部近傍では、ロール直前で圧縮され、以後増大の傾向を示す。一方、 e_{xb} の推移は、縁部、腹部、底部ともロール直下で凸ロールに強くなじもうとし、その直前、直後で凹ロールになじむ傾向を示す。この e_{xx} , e_{xb} の推移をロール直後、中間、直前、直下の時点でとらえ、幅方向の歪分布として整理したものの 1 例を図 6 に示す。図 6 は非対称断面でネジレが大の場合の分布形態の推移を示す。ただし、ロール直下の近傍で生ずる e_{xx} , e_{xb} の極大値、極小値は相互に時間的なずれを生じているが、上の歪分布を考える際には、多少の時間的ずれを無視して、極大値、極小値をそれぞれまとめて整理してある。この時間的ずれが素材の変形形態に与える影響はまだ明らかでない。このようにして得られた歪分布の形態は、対称、非対称断面にかかわらず、ネジレる場合の分布形態、およびネジレのない場合の分布形態とに分れる。これを図 7 に示す。ネジレる場合の e_{xx} の分布形態は、上流のスタンド間と下流のスタンド間では異なる分布形態の推移を示すが、 e_{xb} の分布形態は、すべてのスタンド間で同一のサイクルの分布形態の推移を示し、その結果、最終スタンド出口側で製品が Free になると、 e_{xx} , e_{xb} の分布形態は、第 4 種のネジレに相当する分布形態となる。ネジレない場合の分布形態は、スタンド間で e_{xx} , e_{xb} とも、上流側のスタンド間、下流側のスタンド間で異なる推移を示す。そして最終スタンド出口側では、モデル的に求めたネジレの歪分布形態に含まれない分布をする。一方、非対称フランジ付断面については図 8 に示すように、ネジレる場合の分布形態自体は、前述のフランジのない非対称断面の場合とは異なるが、 e_{xb} が一定のサイクルで推移することは同じであり、最終ス

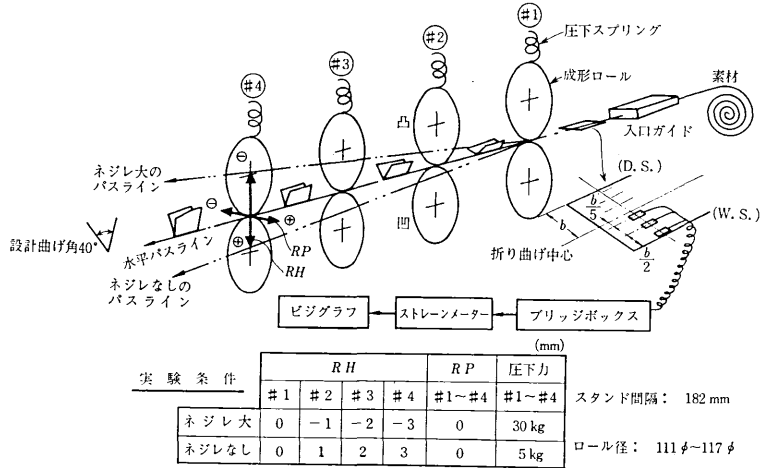


図 4 実験概略図と実験条件

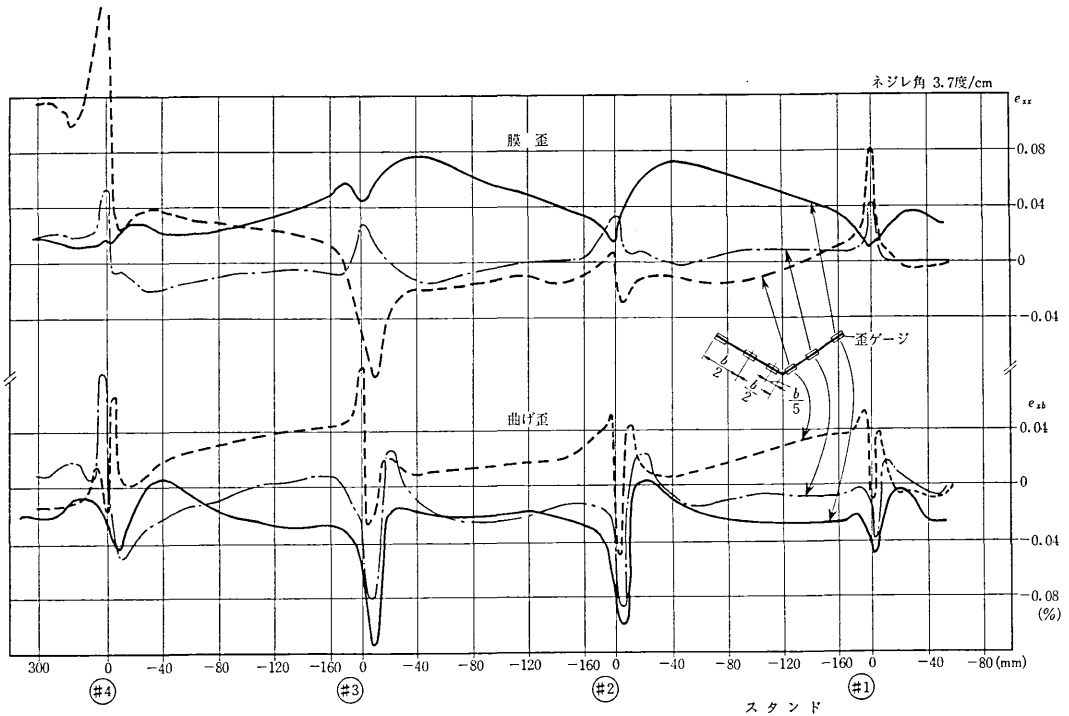


図 5 長手方向膜歪 e_{xx} , 曲げ歪 e_{xb} の推移 (対称断面ネジレ大の場合)

スタンド出口側でも第4種のネジレに相当する分布形態となる。また、ネジレのない場合も分布形態自体が異り、上流側、下流側で異なる推移を示すことは同様である。そして、最終スタンド出口側での分布形態もネジレとはならない分布を示す。上流側、下流側で分布形態の推移のサイクルが異なるのは、成形断面の深さに関係があり、深さが一定の範囲内では同一のサイクルをとると考えられる。また、フランジのない場合と、ある場合に e_{xx} ,

e_{xb} の分布形態が異なるのは、縁部の剛性の相違により素材の対ロール進入径路、その他の影響を受けるためと考えられる。

5. まとめ

1) 製品の長手方向形状不良としてのネジレに関して、モデル的に分類した4種類のネジレと、それに対応する e_{xx} , e_{xb} の分布形態を求め、これを実際の成形過程でネジレが発生する場合の e_{xx} , e_{xb} の分布形態の測

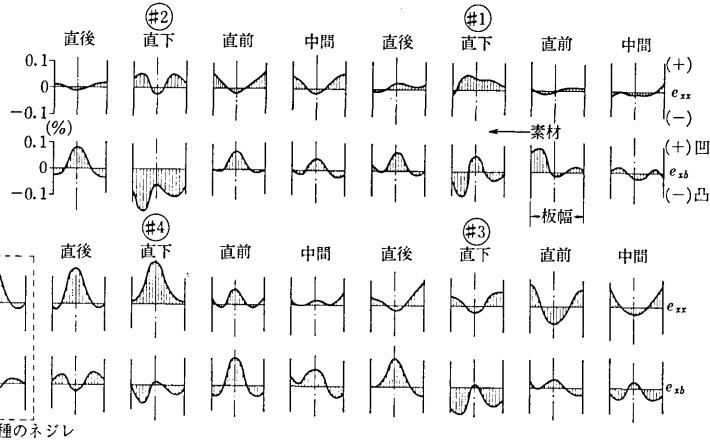


図6 成形過程における e_{xx} , e_{xb} の分布形態 (非対称断面ネジレ大: 3.3 度/cm の場合)

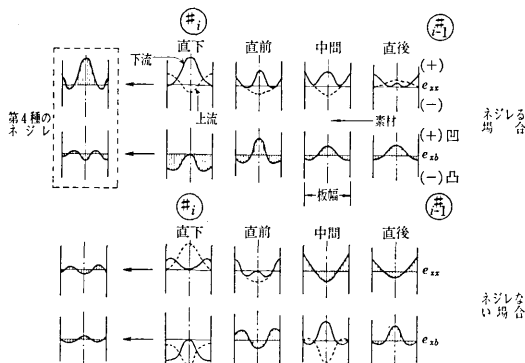


図7 ネジれる場合とネジれない場合との歪分布形態の比較 (対称, 非対称断面)

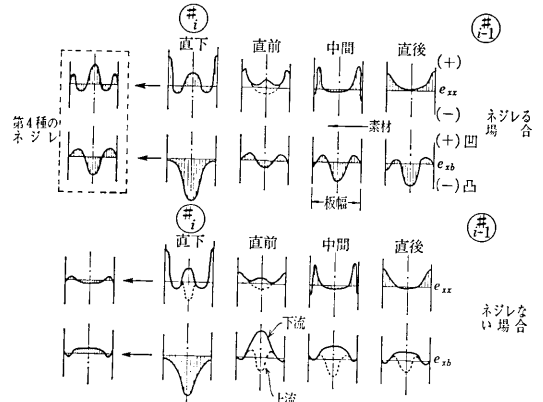


図8 ネジれる場合とネジれない場合との歪分布形態の比較 (非対称フランジ付断面)

定結果と比較し、モデル化したネジレと実際製品のネジレとがよく合致することを明らかにした。

2) ネジレの発生機構については、二つの形状形態、長手方向そりと形状不整を組合せ、その際の e_{xx} と e_{xb} との効果のアンバランスによって生ずるとして理解できる

ことを示した。

3) さらに、ネジれる場合とネジれない場合では、スタンド間での歪分布形態の変化するパターンが異なることを示した。

(1969年9月25日受理)