

ロールフォーミング汎用シミュレータの開発に関する研究(6) ——電縫管のパスライン, ロール段数, スタンド間距離のシミュレーション——

Study of Computational Simulation Method of Cold Roll Forming Process-6th Report

木内 学*・佐藤 忠之*
Manabu KIUCHI and Tadayuki SATO

1. はじめに

前報ではシミュレータを電縫管の異なる3つの曲げ方式に適用し, 長手方向膜歪を評価の基準として各曲げ方式の優劣を明らかにするとともに, 最適な曲げ角度配分を決定し, ロールフラワーを設計する際の数々の指針を与えた。本報では引続き, 本シミュレータの応用として, パスライン, ロール段数そしてスタンド間距離が長手方向膜歪に与える影響について調べ, これらの最適値を求め, パススケジュールを決定する際の指針を得たので, その結果について報告する。

2. パスラインの影響

2.1 計算条件および検討方針

表1に計算条件を示す。検討方針として, ダウンヒル量 $DH=0$ における各スタンドの最適角度配分を変えずに, パスラインのみを変え, 長手方向膜歪 $(E x_0)_{max}$ を求める。

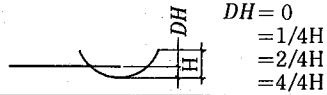
2.2 計算結果

図1はエッジの移動量 Δl_e と長手方向膜歪の絶対値 $|(E x_0)_{max}|$ との関係について調べたもので, 各曲げ方式ともダウンヒル量 DH が増大すると $(E x_0)_{max}$ が減少し, $DH=4/4H$ のとき $(E x_0)_{max}$ の値が最小値に近づく。これは前報¹⁾でも述べたように, Δl_e と $(E x_0)_{max}$ とは比例関係にあり, DH の増大によって Δl_e は減少し, その結果, $(E x_0)_{max}$ が減少したものと考えられる。なお, 第4報では, 最適な DH として, $DH=1/4H$ としたが, これは計算条件として, 設定したパスラインごとに各スタンドにおける角度配分を変え, 最適化を行い, $(E x_0)_{max}$ を求めたためである。

3. ロール段数およびスタンド間距離の影響

最適なロール段数およびスタンド間距離 SL を決定することは, 成形機の仕様を決定するうえでの最も重要な

表1 計算条件

1. 製品断面寸法	4.5 ^t ×101.6 ^φ
2. 最終断面寸法	$\theta_r=150^\circ$, BD→FP ^{*1}
3. 曲げ方式	EdgeB, CentB, CircB.
4. スタンド段数	6 st.
5. スタンド間距離	800mm
6. パスライン	Downhill 
7. 成形速度	40m/min
8. 素材の応力・歪特性	・ヤング率: 21,000kg/mm ² ・加工硬化係数: 80kg/mm ² ・ポアソン比: 0.3 ・初期降伏応力: 31.5kg/mm ²
9. 形状関数	$S(X) = \sin \frac{\pi}{2} \left(\frac{X}{L} \right)^n$

要因となる。この情報を得ることは, 新しく計算しようとする成形ラインでどの程度のサイズレンジまで兼用が可能かとか, あるいは既存のラインで新サイズを取り込む際の製造可否の検討に関する問題などに適用することができ, 成形に従事する者にとってたいへん心強い。

本研究では, 広範囲にわたる製品サイズについて計算を行い, 上記問題に対して, 定量的な資料を得たので紹介する。

3-1 計算条件

表2および表3に計算条件を示す。

3-2 検討方針

各スタンド間にて最適化処理(前報参照)²⁾を行い, $(E x_0)_{max}$ の平均値 $(E x_0)_{max}$ を算出し, 評価の基準とする。

3-3 計算結果

3-3-1 スタンド間距離が $(E x_0)_{max}$ に与える影響について

* 東京大学生産技術研究所 第2部

図2はロール段数を6段とし、スタンド間距離 SL に対する $(E x_0)_{max}$ の関係について、パイプサイズ別に計算した結果を示す。各パイプサイズとも SL を増大させると $(E x_0)_{max}$ の値が減少することが分かる。しかしながら、 SL がある一定値以上になるといくら SL を増大させても $(E x_0)_{max}$ は大きく変化しない。また、板厚を変化させ、 t/D が $(E x_0)_{max}$ へ与える影響をみると、同一サイズにおいて、 t/D が大きいほど $(E x_0)_{max}$ が大きくなる。これは、前報でも述べたように材料の幅寄せの程度を示す n の値が大きいためである。

3-3-2 ロール段数が $(E x_0)_{max}$ に与える影響について

図3はロール段数を6段、8段、10段と変化した場合のスタンド間距離 SL と $(E x_0)_{max}$ の関係をパイプサイズ別にみたものである。ロール段数が増大すると、任意の SL における $(E x_0)_{max}$ の値は減少することが

分かる。ロール段数を増すことは、 $(E x_0)_{max}$ を減少させる効果があるが、反面、必要以上に増すことはかえって、実作業の面で組替時間を長びかせる原因となる。したがって、ロール段数の決定には経済的な観点に立って

表2 計算条件

1. 製品断面寸法	表3に示す
2. 最終断面寸法	$\theta_r=150^\circ BD \rightarrow FP^{st}$
3. 曲げ方式	Circ. B.
4. クタンド段数	6, 8, 10 st
5. スタンド間距離	可変
6. パスライン	Bottom lineconst.
7. 成形速度	40m/min
8. 素材の応力歪特性	表1参照
9. 形状関数	$S(X) = \sin \frac{\pi}{2} \left(\frac{X}{L} \right)^n$

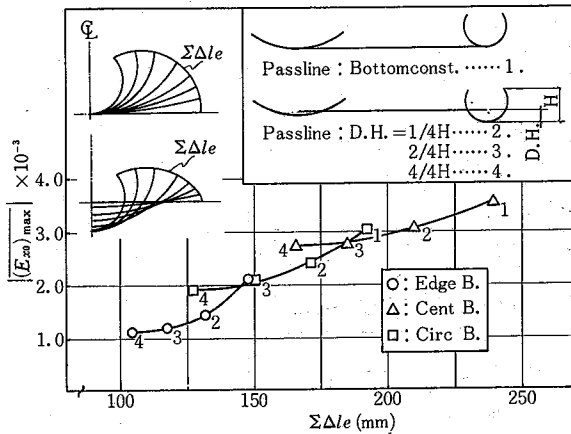


図1 エッジの移動量 (Δl_e) と長手方向膜歪 $|(E x_0)_{max}|$ との関係

表3 計算条件, t/D

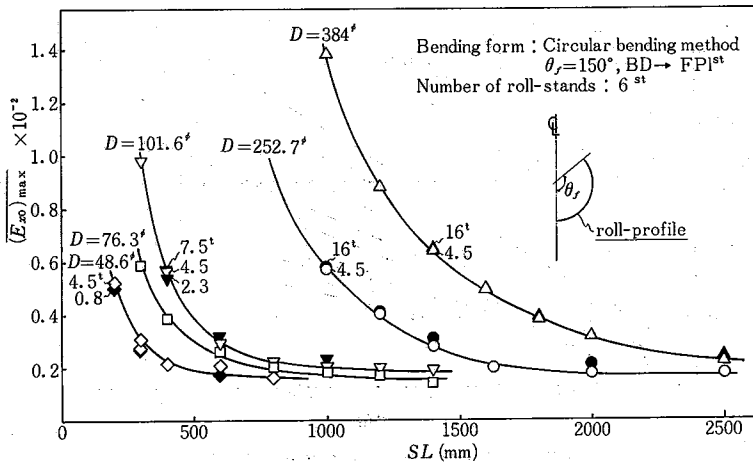
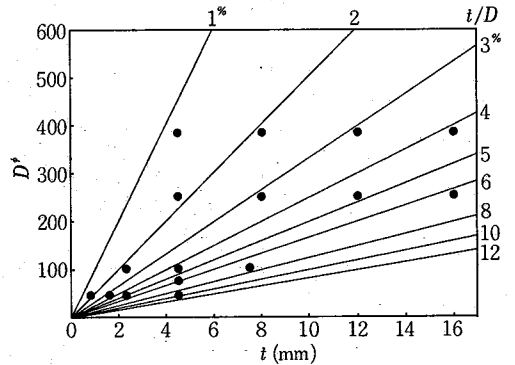


図2 スタンド間距離 SL に対する $(E x_0)_{max}$ との関係

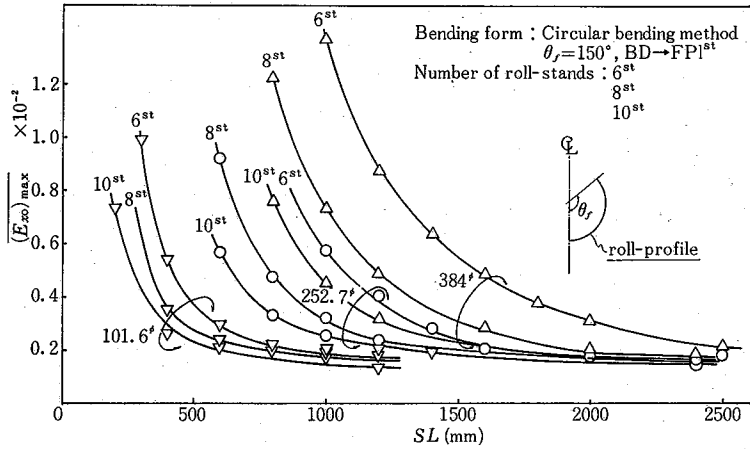


図 3 ロール段数変更時のスタンド間距離 $SL - (\overline{E_{x_0}})_{\max}$ の関係

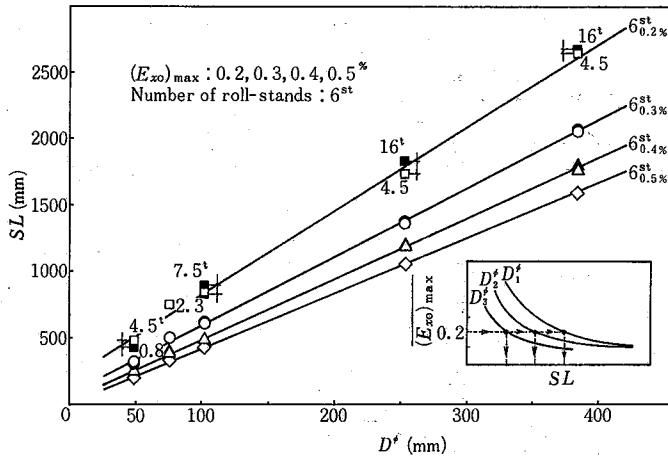


図 4 $(\overline{E_{x_0}})_{\max} = \text{一定}$ におけるパイプ径 D とスタンド間距離 SL の関係

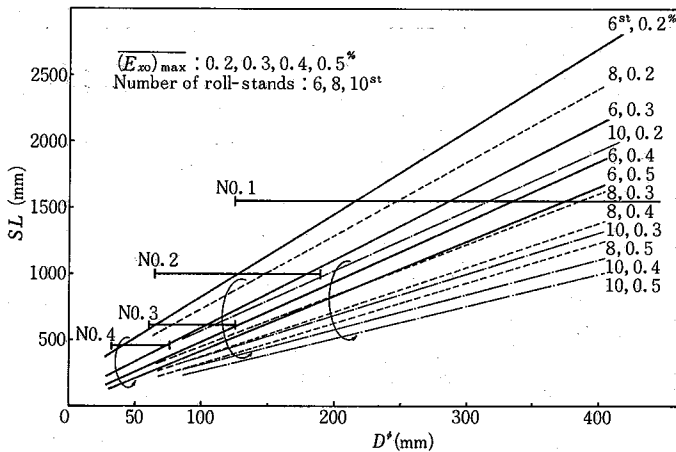


図 5 ロール段数変更時のパイプ径 D とスタンド間距離 SL の関係

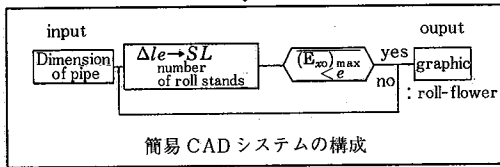
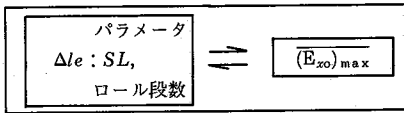
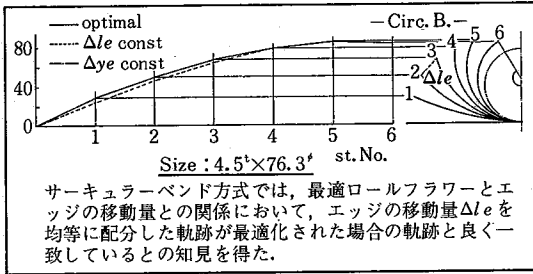


図 6 簡易 CAD システム

の判断が必要であることはいうまでもない。

3-3-3 $(E_{x_0})_{max}$ = 一定におけるパイプ径 D とスタンド間距離 SL の関係について

図 4 は同一歪値 $(E_{x_0})_{max}$ = 一定におけるパイプ径 D とスタンド間距離 SL の関係について整理したものである。パイプ径 D とスタンド間距離 SL とは同一歪値下において比例関係にあることが分かる。

たとえば、 $(E_{x_0})_{max}$ を 0.3% に設定した場合、 $D = \phi 200$ で $SL = 1100$ mm、 $D = \phi 300$ で $SL = 1650$ mm となる。同一パイプ径において板厚を変化させ t/D が SL に与える影響をみると、 t/D が大きくなると SL を長くする必要があるが各パイプサイズにおいて 80 mm 程度の長さを余分に見積もっておけばよい。図 5 は $(E_{x_0})_{max}$ を 0.2~0.5% の範囲内でロール段数を 6 段、8 段、10 段と変化させ、パイプ径 D と SL との関係を整理したものである。図中には実生産ラインにおける機種についての実例を示してある。これによれば、No. 2 号機では、最大のパイプサイズが $\phi 190$ であるが、縁波発生限界の評価基準として $(E_{x_0})_{max} = 0.3\%$ とすればパイプ径を $\phi 210$ 程度まで拡張することが可能である。一方、No. 3 号機では現状の $\phi 114.3$ がパイプサイズの上限となっていることが分かる。

3-3-4 エッジの移動量 Δle と $(E_{x_0})_{max}$ との関係

前報で、サーキュラーバンド方式では、最適ロールフラワーとエッジの軌跡との関係において、エッジの移動

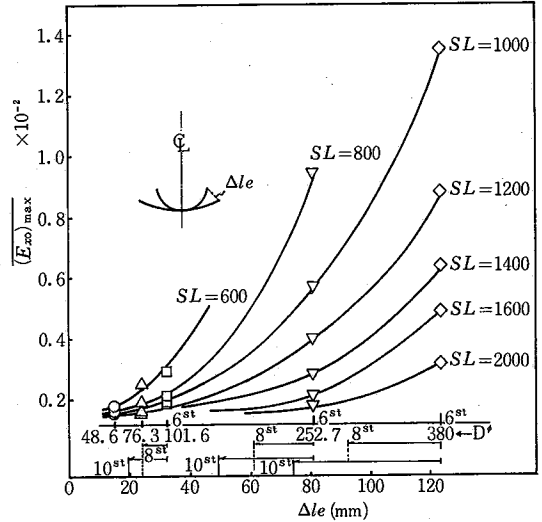


図 7 Δle と $(E_{x_0})_{max}$ の関係

量 Δle を均等に配分した軌跡が最適化された場合の軌跡と良く一致しているとの知見を得た。この結果を踏まえて、スタンド間距離 SL およびロール段数をパラメータとして、含んだかたちで、 Δle と $(E_{x_0})_{max}$ との関係について整理できれば、図 6 に示す簡易 CAD システムの確立が図れる。図 7 は Δle と $(E_{x_0})_{max}$ との関係について整理したものである。1例として、パイプ径 $\phi 384$ を $(E_{x_0})_{max} = 0.3\%$ で設計する際の諸元を与えてみる。ロール段数を 6 段とすると Δle が 123 mm となり、スタンド間距離 SL は 2000 mm となる。また、ロール段数を 8 段とすると $\Delta le = 93$ mm となり、 $SL = 1500$ mm となる。

4. おわりに

シミュレータを長手方向膜歪に影響を及ぼす因子であるパスライン、ロール段数そしてスタンド間距離について適用した結果、種々の定量的な資料を得ることができた。これらは、今後のロール設計を行う上での有力な指針となるものと考えられる。

次報では、ロール入側での拘束域を考慮した形状関数 $S(X)$ の検討を試みる予定である。

(1984年9月25日受理)

参考文献

- 1) 木内, 高田橋: 昭和 58 年春季塑加講演論 1983-5
- 2) 木内, 佐藤: 昭和 59 年春季塑加講演論 1984-5