

塑性加工の計算力学的基礎研究

指導教員 菱田博俊 准教授
A1-08151 永田純基

1. はじめに

管材は構造的あるいは幾何学的に優れ、様々な分野で用いられている。曲げ加工は管材の基本的な加工であるが、板材のプレス加工等とは異なり、複雑な三次元塑性変形を発生させる。それゆえ管材の材質、径や肉厚等の形状、目的の曲げ角度等に依り、適切な特性を持つ曲げ加工法を選択し適切な加工条件の下で加工すべきとなる¹⁾。各曲げ加工法の特性^{2,3)}は個々の加工現場においてノウハウや断片的な知見の蓄積と言う形で体験的に理解されており、管の曲げ加工に関する原理や一般則等の形では系統的に整理されていないと言える。

本研究では、曲げ加工法の一つである押付け曲げについて、その特性を鋼管を素材とした FEM 解析⁴⁾により検討した。

2. 解析内容

1) 押付け曲げの体系

押付け曲げの体系¹⁾を図 1 に示す。素管をクランプで固定し、押付け型を用いて固定曲げ型に押付けながら曲げる加工法である。比較的小さな機械で行う簡易的な加工法である。

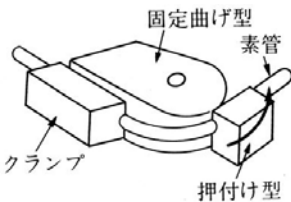


図 1 : 押付け曲げ加工体系。

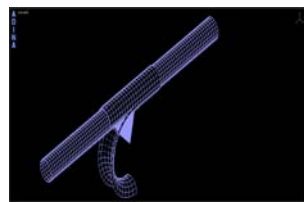


図 2 : 解析モデル。

2) 解析モデル

本研究では、汎用 FEM 解析プログラム ADINA⁴⁾を用いてシミュレーションした。これは陰解法ベースで、解析時に様々な環境下に対応できるマルチフィジックス機能を有する。

図 2 に示す通り、鋼管を 4 節点シェル要素で、クランプ、押付け型、固定曲げ型を 9 節点の剛体面でモデル化した。素管金型間に三次元接触を設定し、素管曲げ型間の摩擦係数のみを 0.1 とした。鋼管の材料特性値を表 1 に示す。

動的陽解法原理で大変形弾塑性解析を行った。解析時間を 1 秒、時間ステップ Δt を 0.002 秒とした。

3) 形状パラメータ

押付け曲げ加工特性を見出すべく、鋼管直径 D 、鋼管肉厚 t 、曲げ半径 Θ を変動させた。解析ケースを表 2 に一覧する。

3. 解析結果

減肉率 (元肉厚の 70%未満 NG)、時間ステップ毎の変形形状、Mises 相当応力分布、扁平率 (70%未満で NG) を評価

表 1 : 用いた材料特性値。

ヤング率	ポアソン比	加工硬化パラメータ
210000MPa	0.3	K=0.2, n=0.007755889
破断強度		異方性パラメータ
740MPa		R0=R45=R90=1.01

表 1 : 解析ケース。

	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CASE1	C [mm]	62.5	65.5	68.5	71.5	74.5	77.5	80.5	83.5	86.5	89.5
	t [mm]	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	曲率半径 Θ [mm]	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6
CASE2	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Φ [mm]	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5
	曲率半径 Θ [mm]	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6	152.6
CASE3	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Φ [mm]	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5	74.5
	曲率半径 Θ [mm]	112.6	122.6	132.6	142.6	152.6	162.6	172.6	182.6	192.6	202.6

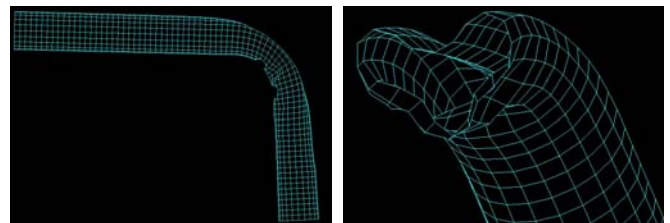


図 3 : 解析結果 (Case1-No10.)。

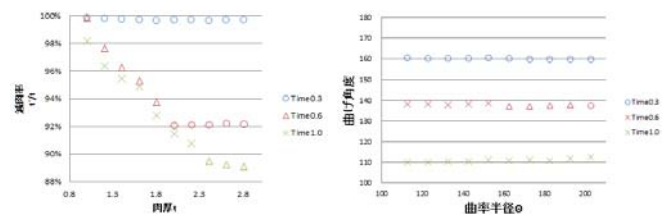


図 4 : 押付け曲げの加工特性 (左 : Case2、右 : Case3)。

した。扁平率 NG の解析結果を図 3 に示す。また Case2 及び 3 の減肉率の t 及び Θ 依存性を図 4 に示す。D 一定時、 t が大きい程減肉し易い。 t 一定時、D に関わらず曲げに必要な最低 t 値が存在する。D 及び t 一定時、押付け曲げ加工は急な角度での加工には向かず、大きく緩やかな曲げに有効である。

4. 今後の課題感

解析パラメータを同時に 2 つ以上変動させた結果を追加で得る事で、曲げ特性を明らかにしたい。また将来、複数の曲げ加工法について特性を比較し、未熟者でも各曲げ加工法の特徴を理解し適切に選択できる様な指針を導出したい。

<参考文献>

- 1) 日本塑性加工学会：チューブフォーミング，コロナ社，pp.36-64.
- 2) 菱田：曲げ加工の基礎，塑性加工学会塑性加工技術セミナー。
- 3) 菱田・渋谷：塑性加工春季講演会論文集 (2012)。
- 4) ニュートンワークス株式会社：ADINA 原理説明書。