

丸棒の曲げ矯正における寸法変化に関する一考察

A Study on Change of Diameter in Straightening Round Bars

鈴木 弘*・荒木 甚一郎*
Hiromu SUZUKI and Jinichiro ARAKI

1. ま え が き

丸棒の矯正に関する研究はすでにかなり行なわれているが、矯正によって起こる素材の寸法変化を対象とした解析は筆者等の知るかぎりでは皆無である。筆者等は、曲げの際に棒の断面に生じる応力分布を、一次元曲げ理論に中立位置の移動の考慮を加えて求め、寸法変化の要因を考察したので報告する。

2. 解析の方針

矯正中の棒の変形は複雑であるが、まず図1のような曲げモーメント—曲率の関係に沿う繰返し曲げ過程について考える。

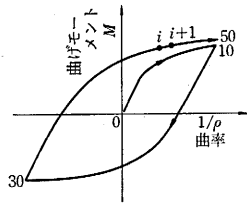


図1 解析に用いた繰返し曲げ過程のモデル

(1) 仮定

- 1) 応力成分として軸方向応力のみを考える。
- 2) 曲率中心を含み、軸線に垂直な平面で切られる棒の断面は常に円形を保つ
- 3) バウシinger効果は無視する。
- 4) 棒の初期状態は真直で、残留応力はない。
- 5) 軸線の長さの変化が棒の断面積の変化と対応する(体積不変とする)。

(2) 理論

図1の繰返し曲げ過程の解析は、曲げの状態が*i*番目まで既知のとき曲げ角がそこから $\Delta\varphi$ 変化した *i+1* 番目の状態が求まれば、初期状態から始めて、曲げ角の増加に応じて段階的にすべての状態が定まる。

記号

- $\epsilon_i(y)$: y におけるひずみ mm/mm
- $\Delta\varphi$: 曲げ角増分 radian
- $\Delta\epsilon$: ひずみ増分 mm/mm
- $\sigma_i(y)$: y における応力 kg/mm²
- φ_i : 曲げ角 radian
- M_i : 曲げモーメント kg·mm
- ρ_i : 曲率半径 mm
- T : 軸力 kg
- e_i : 中立位置 mm
- E : ヤング率 kg/mm²

図3は図2の*i*番目の状態から *i+1* 番目のひずみと

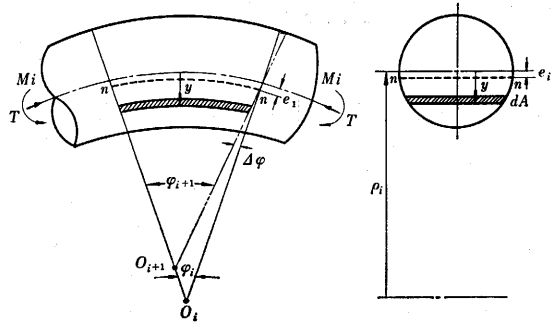


図2 記号説明図

応力を求め、その際の寸法変化を計算する流れ図である。

(3) 中立位置と中心線の長さ変化との関係

表1は各曲げ過程において、中立面の位置が中心線の伸縮にどう影響するかを示すものである。

3. 計算結果および考察

図4, 5, 6は軸圧縮力の作用する状態で棒に曲げが加わる場合の応力分布の推移であって、10, 30, 50番目でそれぞれ曲げもどしが始まる。各曲げ段階に対して1, 2, 3, …… , 10, …… のように応力分布は変り、図のある番号の応力状態から次の番号の応力状態に移る際の中立位置

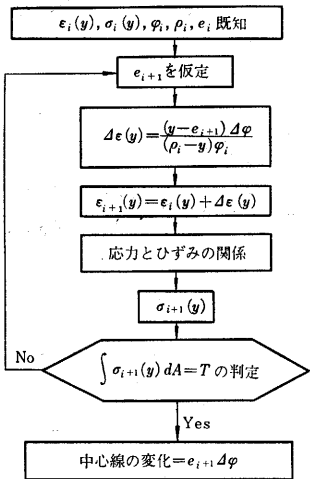


図3 計算の流れ図

表1

番号	中立面の位置 曲げ過程	中立面	
		中立面	中立面
1	1 → 10 M () M	縮	伸
2	11 → 30 ()	伸	縮
3	31 → 50 ()	縮	伸

* 東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報

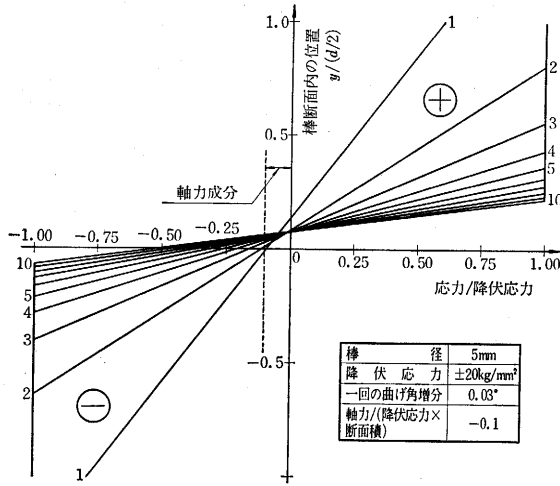


図4 繰返し曲げ過程において棒断面に生じる応力分布の推移 (非硬化弾塑性体の場合) 曲げ過程 1→10

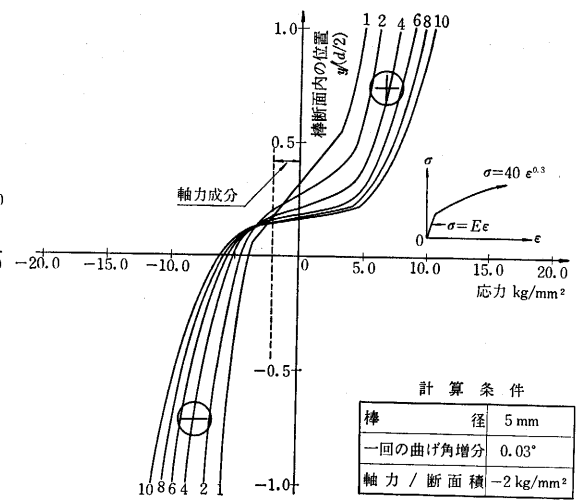


図7 繰返し曲げ過程において棒断面に生じる応力分布の推移 (加工硬化を考えた場合) 曲げ過程 1→10

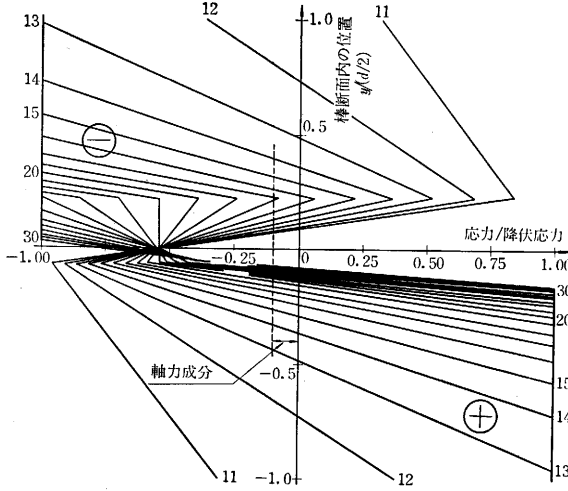


図5 曲げ過程 11→30

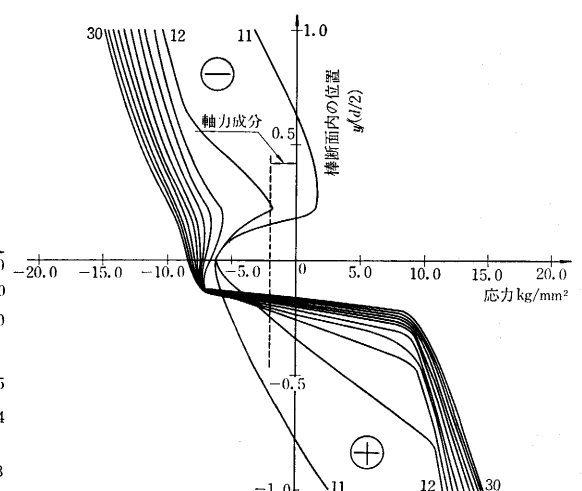


図8 曲げ過程 11→30

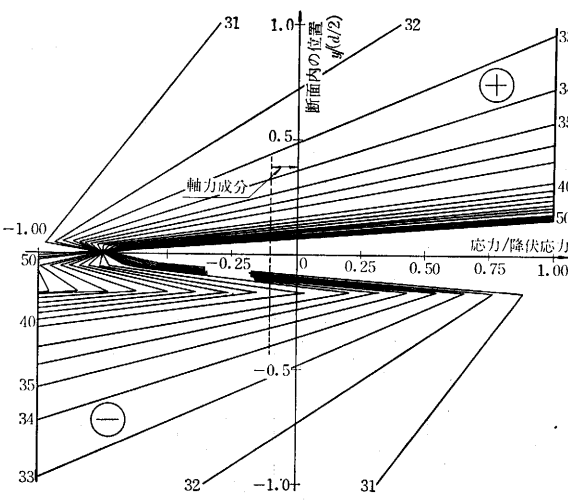


図6 曲げ過程 31→50

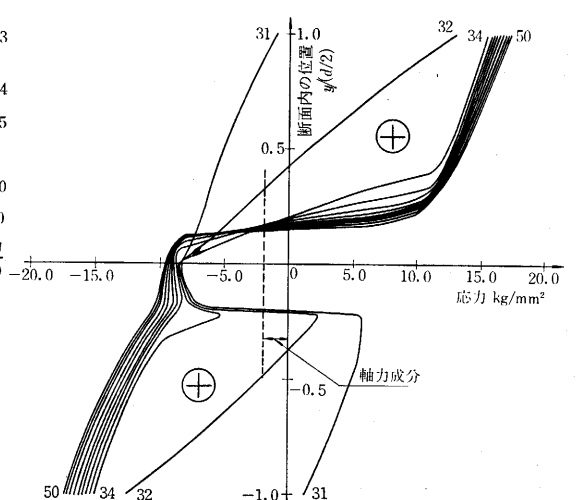


図9 曲げ過程 31→50

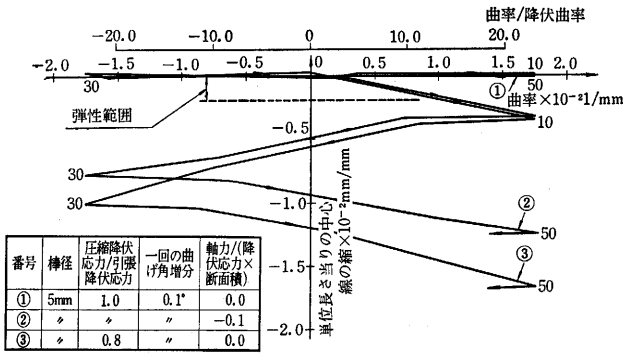


図10 矯正条件が寸法変化に及ぼす影響 (非硬化弾塑性体の場合)

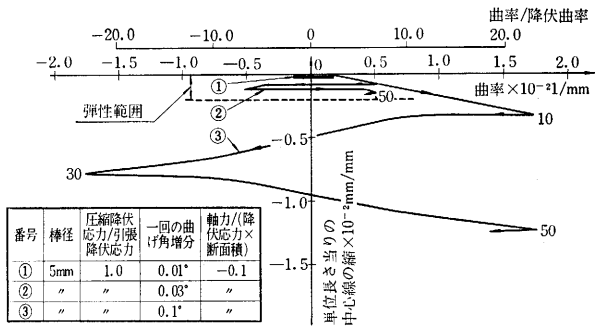


図11 曲げ曲率が寸法変化に及ぼす影響 (非硬化弾塑性体の場合)

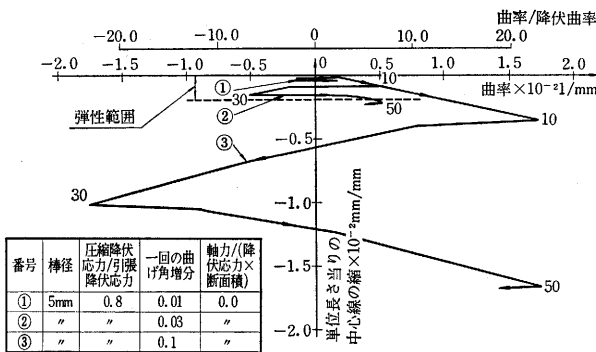


図12 曲げ曲率が寸法変化に及ぼす影響 (非硬化弾塑性体の場合)

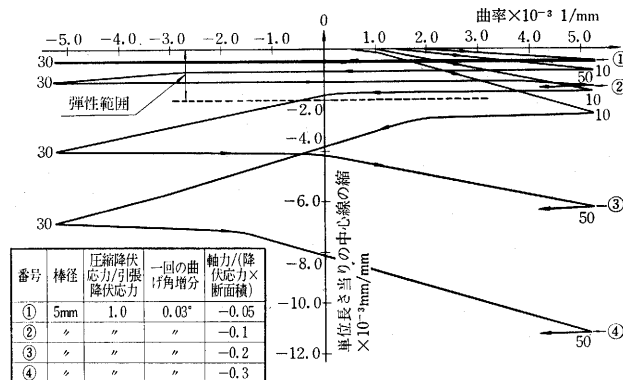


図13 軸力が寸法変化に及ぼす影響 (非硬化弾塑性体の場合)

は両曲線の交点で表わされる。図のたて軸0の位置が中心線位置に対応するので表1からみて、各曲げ過程とも中心線は圧縮される。

図7, 8, 9は加工硬化を考えた場合の同様の計算で、応力分布は滑らかな曲線で表されるが、中立位置の移動する傾向は非硬化材料の場合と類似している。

図10は、軸力および材質による引張側と圧縮側の降伏応力の差異が曲げの際の寸法変化にどう影響するかを示すもので、軸力が働かない場合は寸法変化は起こらないが、降伏応力の差異は軸力の作用する場合と同様に寸法変化の原因となる。

図11, 12は曲げ曲率が寸法変化に及ぼす影響で、曲げ曲率が大きくなるとそれだけ寸法変化が増すことがわかる。図13は軸力の大きさが寸法変化におよぼす影響で軸力が大きいほど寸法変化も大きい。

4. まとめ

図示した計算例は軸力として圧縮力、また降伏応力に関しては圧縮側が引張側より低い場合についてのみであるが逆の場合にはまったく正反対の寸法変化となる。以上の解析より得られた知識を整理すると、

- 1) 初期ひずみのない棒の曲げ矯正による寸法変化は、軸力の作用する場合や、材料の特性として引張と圧縮とで降伏応力の値が異なるなどの要因があってはじめて起こり、単なる繰返し曲げでは生じない。
- 2) 寸法変化が起こり始めるのは、棒断面内の塑性域が支配的となった状態からであり、曲げおよび曲げもどし過程を通じて同一方向に変化する。寸法変化の大きさは、軸力などの要因が大きいほど、また曲げ曲率が大きくなるほど著しい。
- 3) 軸力が圧縮応力の際には矯正により軸線が縮少し直径は増し、軸力が引張応力の際には軸線は伸び直径は減少する。
- 4) 材料の機械的性質に基づく寸法変化は適当な軸力を与えることにより除くことが可能である。

(1969年5月14日受理)

