

棒の二方向矯正における変形機構に関する一考察

A Study on Straightening of Bars with Varying Bends in the Varying Directions

鈴木 弘*・荒木甚一郎*・山本 直道*

Hiromu SUZUKI, Jinichiro ARAKI and Naomichi YAMAMOTO

1. ま え が き

長手方向に 3 次元的な初期曲りを有する材料を矯正するには、回転曲げ矯正が有効である。しかし、横断面の形状が円形以外の場合には一般に、回転曲げ矯正を適用できない。このような場合に、3 次元的に曲った材料を 1 平面内のみの繰返し曲げによって矯正することの可能性と、またその場合の変形機構を明らかにすることは、矯正技術の進歩に有益である。本研究では、上記問題を解決する為の基礎式を導き、異なる縦断面内に存在する初期曲率を、1 平面内のみの繰返し曲げ、あるいは直交する 2 平面内の繰返し曲げによって矯正する場合について、その効果を数値計算により検討した。

2. 計算の基礎

(1) 曲率半径の評価方法

図 1 に示すように、ある半径 ρ で 3 次元的に曲っている材料がある。この ρ を材料の xy 平面への正射影より求まる ρ_x と、 xz 平面への正射影より求まる ρ_y の組によって表現する。

(2) 歪増分の計算

材料が図 2 に示すような 3 次元的な曲率変化 $(\rho_{yn}, \rho_{zn}) \rightarrow (\rho_{yn+1}, \rho_{zn+1})$ を受けるとき、断面上のある点 $A(r_j, \varphi_k)$ のうける歪増分は、 y 方向・ z 方向の曲げが単独に加わった場合の歪増分の和として求める。

$$y \text{ 方向について, } \Delta \varepsilon_{jky} = r_j \cos \varphi_k (\rho_{yn+1}^{-1} - \rho_{yn}^{-1})$$

$$z \text{ 方向について, } \Delta \varepsilon_{jkz} = r_j \sin \varphi_k (\rho_{zn+1}^{-1} - \rho_{zn}^{-1})$$

$$\therefore \Delta \varepsilon_{jk} = \Delta \varepsilon_{jky} + \Delta \varepsilon_{jkz}$$

$$= r_j \cos \varphi_k (\rho_{yn+1}^{-1} - \rho_{yn}^{-1})$$

$$+ r_j \sin \varphi_k (\rho_{zn+1}^{-1} - \rho_{zn}^{-1})$$

3. 実際の計算方法

すべての方向の初期曲率の分布を一定とした条件で、矯正曲率の大きさと、繰返し曲げの回数を変化させ、また 1 平面内曲げの場合と直角 2 平面内曲げの場合のそれぞれにつき残留曲率分布を求める。矯正条件の良否は、残留曲率分布の大きさにより評価し、これが小さくなる程、矯正上好ましいと考える。図 3 は、一回曲げの場合の残留曲率を求めるフローチャートである。

4. 計算結果

計算例は初期応力のない場合である。曲率 κ は、降伏

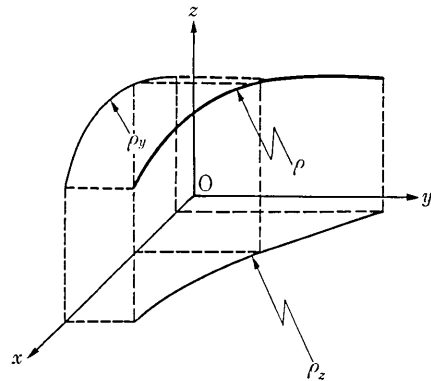


図 1 3 次元的な曲率半径 ρ の成分

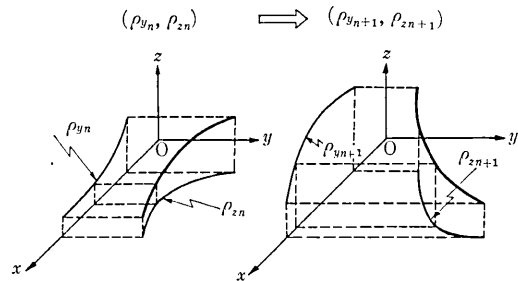


図 2 3 次元的な曲げ変形の推移

曲率で除して無次元化したものである。 k_y, k_z は xz 面内成分, xy 面内成分を示す。計算は、初期曲率 $\kappa_i = 2$, 矯正曲率 $\kappa_i = 3, 5, 10$ の場合について行なった。

(1) 図 4 は、 $\kappa_i = 3$ で一回曲げの場合である。円周上の初期曲率分布が偏平化した小さい残留曲率分布となっている。 κ_i が大きくなると、残留曲率分布はさらに偏平な小さい分布に変化していく。

(2) 図 5 は、直角 2 平面内繰返し曲げの場合であって、 $\kappa_i = 3$ で 2 回目に 1 回目と直角な方向に曲げた場合である。1 回目の 2 点鎖線の分布が、2 回目には、さらに小さな分布に変化している。 κ_i が大きいとさらにこの傾向が著しくなる。

(3) 1 平面内繰返し曲げ, 直角 2 平面内繰返し曲げのいずれの場合にも、曲げ回数を増加すると最終的には、分布幅はある一定値となる。この値を、矯正曲率の大きさを横軸にとって示したグラフが図 6 である。この図から、最終的な残留曲率分布幅は、直角 2 平面内曲げの方

* 東京大学生産技術研究所 第 2 部

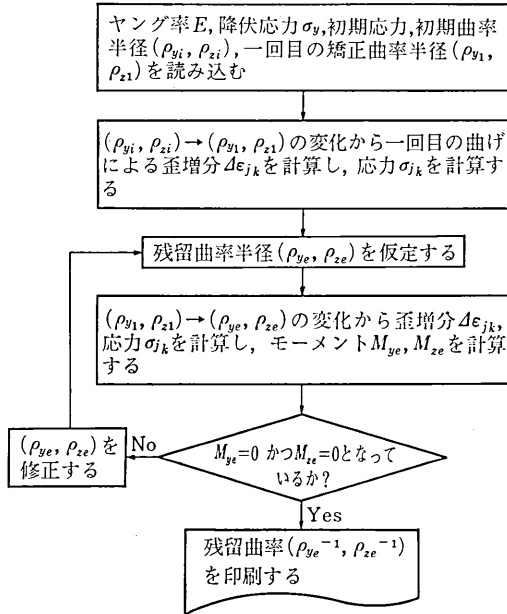


図3 1回曲げによる残留曲率を求めるフローチャート

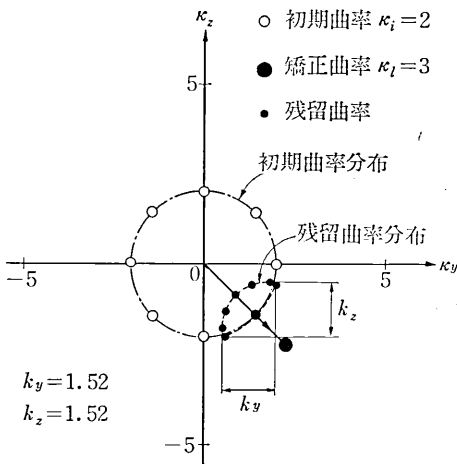


図4 1平面内1回曲げの場合の残留曲率分布

が一平面内曲げの場合よりも小さく、また矯正曲率が大きくなる程小さくなることわかる。

5. ま と め

(1) 3次元的な、初期曲率分布を持つ材料であって

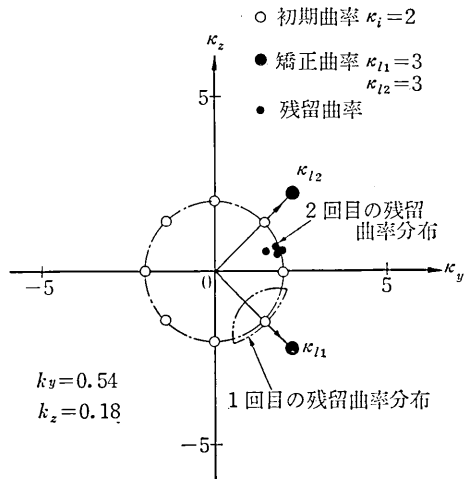


図5 直角面内2回曲げの場合の残留曲率分布

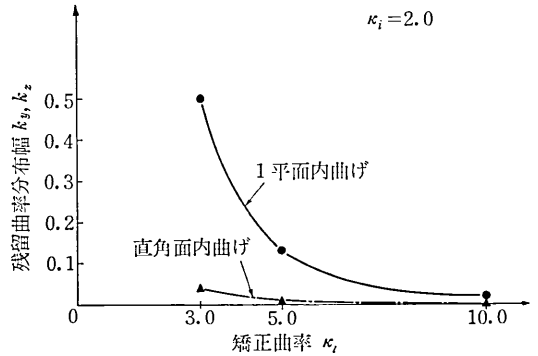


図6 矯正曲率と最終残留曲率分布の関係

も、1平面内のみの繰返し曲げ矯正により、かなりの矯正効果をあげることができる。とくに、矯正曲率が大きい場合程、その効果は大きい。

(2) 1平面内の曲げだけでなく、直角2平面内の曲げを加えることにより、さらに一層矯正効果をあげることができる。

(3) 1平面内曲げ、直角2平面内曲げのいずれの場合でも、曲げ回数がある程度以上になるとそれ以上繰返し曲げを与えても、矯正曲率が同一レベルである限り、残留曲率分布は縮小せず、分布均一化への寄与は小さい。

(1973年1月31日受理)

