

# 複合クラッド管の高精度曲げ加工に関する研究

職業訓練大学校塑性加工科

助教授 森 茂樹

(昭和63年度奨励研究助成 AF-88030)

## 1. 研究の背景

近年、機械材料の分野では、構造物の軽量化、製品の高機能化が志向され、それに伴って材料に対する要求よりも苛酷なものとなっている。管材においても異種金属を積層した種々の合せ管が開発され、化学プラントなど多くの産業分野で使用されている。

しかし、構成材料の組合せが機能中心に行なわれている現在の合せ管は、高機能を有している反面、高精度曲げ加工に適した材料とは言い難く、曲げ加工特性全般の解明とこれを考慮した材料設計が望まれる。

## 2. 研究の目的

本研究では合せ管の加工性を解明する前段階として均等曲げモーメントを受ける合せ管の横断面のへん平化に着目し、このへん平化に及ぼす各種の影響因子の独自の作用を広範囲にわたって詳細に検討することを目的とした、このため、全ひずみ理論に基づくエネルギー法によって理論解析し、へん平化の抑制に効果的な管材の組合せについて理論的に調べるとともに実験結果と比較検討した。

## 3. 研究成果の概要

### 3.1 理論解析の概要

解析の対象は薄肉の合せ管(2層)とし、肉厚方向の応力を無視した膜理論および全ひずみ理論を適用した。また、管材は面内異方性を考慮し、 $\eta$ 乗硬化則に従うものとした、本解析は次の仮定を置いた。

1) 円管の肉厚は直径に比べて十分に小さい。

2) 変形は管の子午線方向に一様である。

3) ひずみは微小である(よって公称ひずみを使用)。

4) 管の横断面は曲げ後も平面を保つ。

5) 管の中心軸線は伸縮しない。

6) 曲げ中立面は移動しない。

7) 円周方向の曲げひずみ成分が0の線が横断面内に依存する。

8) 合せ管の接合面では、ずれがない。

### 3.2 へん平化に及ぼす影響因子

ここでは、便宜的に $\eta$ 値の小さい方の材料をH材、大きい方の材料をO材と呼ぶ。また、合せ管はOHのように外側材(O)、内側材(H)の順で示す。

#### (1) 構成様式の影響

外側にH材を合わせたHO材の方が、OH材よりもわずかながら大きなへん平を示すものの、構成材料の塑性係数C値がともに等しければ表裏の材料の違いによる影響は小さい。このことは肉厚比を変えた場合でも同様である、なお、 $\eta$ 値の小さいH材を合わせることで、合せ管のへん平はO材よりも小さくなる。

#### (2) 材料構成率(肉厚比)の影響

構成様式にかかわらず、合せ管では肉厚比によってへん平化の度合いが大きく変わり、へん平が極大および極小となる材料構成率が存在する。

#### (3) 面内異方性の影響

上記の極大点となる肉厚比は、面内異方性の影響を大きく受けるが、極小点となる肉厚比はほとんど変わらない、このため、O材の内側か外側に全肉厚の2~2.5割のH材を構成すれば、へん平化の抑制に効果的であることが示された。また、へん

平に著しい差のあるO材とH材からなる合せ管では極小点は不明瞭になるが、へん平の抑制効果は高い。

反対にO材とH材のへん平に差がない合せ管では極大点におけるへん平は単一材よりも大きく、また極小点での値は、単一材よりも小さくなることがある。

#### (4) 塑性係数 (C値) の影響

合せ管のへん平は、構成材料のC値の比 $\beta$ の影響を受ける、 $\eta$ 値を等しくした材料では、肉厚の薄い方のC値を大きくすればへん平を単一材よりも小さくできる、O材 ( $\eta = 0.3$ ) とH材 ( $\eta = 0.05$ ) の組合せでは、H材の構成率が全肉厚の約9割以上になると、へん平は $\beta$ の影響をほとんど受けない。また、肉厚比0.5の合せ管のへん平化を抑制するためには、H材の2.5~3倍のC値を有するO材と合わせるとよい、さらに、O材の全肉厚に対する比率が0.9程度の合せ管では、O材の2~4倍のC値を有するH材と合わせればよいことが示された。

#### 2. 3 実験結果との比較

合せ管のへん平に及ぼす材料側の因子の影響に

ついて、解析結果と実験結果は定性的に一致し、解析結果の妥当性が示された。しかし、一部のHO材の実験において、曲げ初期(弾塑性状態)に生じる負のへん平変形は本解析では現れない。この原因としては材料を剛塑性体としたことが考えられる。

#### 4. おわりに

最後に、天田金属加工機械技術振興財団の助成金により、有意義な研究を進めることができたことに感謝致します。

#### 5. 発表論文

1) 森茂樹・真鍋健一・広瀬健志・田村公男：合せ管の均等曲げにおける塑性変形挙動(第3報、エネルギー法による解析)、第40回塑性加工連合講演会講演論文集、(1989-10)、175。

2) 森茂樹・真鍋健一・広瀬健志・田村公男：合せ管の均等曲げにおける塑性変形挙動(第4報、理論と実験の比較) 同上、(1989-10)、179。