

I-A44 リングのたたみ込みシミュレーション

(株)フォーラムエイト 正会員 ○井口真一¹, 正会員 後藤茂夫¹
佐賀大学 理工学部 正会員 井嶋克志², 正会員 帯屋洋之²
(株)光建 正会員 奥山功³

1. まえがき

幾何学的非線形解析については、これまでに多くの解析手法が提案されており、非常に大きな変形域に至る解析を行った例も少なくない。しかしながら、これらの理論の精度に関しては、それ以前のほかの文献での計算結果や、変形過程の幾何学的特徴を利用したり、限られたモデルの非常に小さな変形域における解析解等との比較によって論じられているものがほとんどである。

本研究では、矩形断面を有した薄い部材を用い、たたみ込みの実験を行い、また、全く同じ操作を計算することによって実験のシミュレートを行う。それにより、変形後の幾何学的特性からの考察のみならず、その変形過程全域における力学的な検証を行う。ここでは、支点の並進変位を組み合わせた組み合わせ制御法を用いてたたみ込みを行っている。

2. シミュレーションと実験結果の照査

図-1 に示す矩形断面を有する鋼の薄板を半リング状に固定し、一端を、両端を結ぶ軸まわりに $2\pi(\text{rad})$ 回転して一重半リング(全リングであれば三重リングとなる)となるまでの①支点反力としてのトルク、②部材中央点の曲げモーメント、③部材中央点の変位について、実験値とシミュレーション結果の比較を行う。

(1) 実験要領

はじめに、回転固定側の支点を、支点間距離が $D_f=D/3$ となるまで並進移動させ、その状態を先行状態として $2\pi(\text{rad})$ 回転を与えたたたみ込む。なお、測定は回転変位 $0.1745(\text{rad})$ (10deg) ごとに行う。

また、本実験は、重力場における実験であるため、その影響を受け、たたみ込み後の釣り合い形状は、実験、解析共に完全な一重半リングとはならず、中央部が落ち込んだ形状となり、面内に重ならない。

(2) シミュレーション要領

実験モデルと同じ諸元を用い、全体を 18 要素で構成している。実験と全く同じ条件でシミュレーションを行った。

(3) 結果及び考察

変形過程を図-2 に示し、ここで、実験結果をシミュレーション結果と併せて示す。

a) 回転変位-トルク関係

回転変位-トルク関係を図-3 に示す。回転支点側にトルク計を設置することによって計測を行った。トルク計の精度がよくなかったため、測定結果にばらつきが多いが、実験結果とシミュレーション結果は、よくあっているといえる。

b) 回転変位-モーメント関係

部材の $1/2$ 点にひずみゲージ(4枚ゲージ)を貼ることによって部材断面 yy 軸まわりの曲げモーメントに関わるひずみの計測を行った。この測定では初期状態から $2\pi(\text{rad})$ まで回転を与え、その後逆方向へ回転させ初期状態に戻している。ゲージ4枚、ゲージ端子4枚、ケーブル4本の重量の影響で、実験結果とシミュレーション結果に若干の開きがあるが、全体的にはよくあっている。(図-4)

また、 $2\pi \sim 0(\text{rad})$ への回転後、ひずみの残留がないことから塑性域に達していないことも確認できる。なお、ここでの曲げモーメント値は、支点の並進変位後からの増分を示している。

c) 回転変位-変位関係

2機のトランシットを用いて着目点の測量を行うことによって測定した。測定結果とシミュレーション結果は接触間隙まで非常によく一致していることがわかる。(図-5)

3. 結言

本研究では、弾性状態を確保しながら、超大変形挙動を呈するリングのたたみ込み実験を行うことができた。

また、これに対するシミュレーションとして、要素剛性分離の手法により自重、初期応力を考慮したたたみ込み解析を行った。全体の分割が非常に粗かったが、シミュレーション結果と実験結果の比較において非常に良く一致した。

Key Words: A ring-folding Simulation, Elastic state, Gravitational field

1) 〒812-0025 福岡市博多区店屋町 1-31, 2) 〒840-8502 佐賀市本庄町一番地, 3) 〒460-0012 名古屋市中区千代田 1-7-8

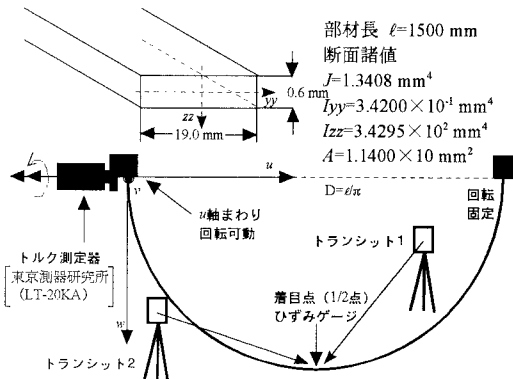


図-1 実験モデル, 座標系, 及び測定系 (初期状態)

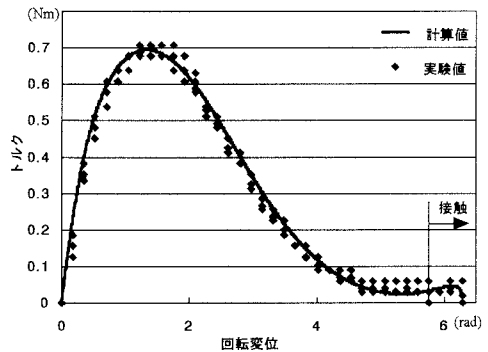


図-3 回転変位-トルク曲線

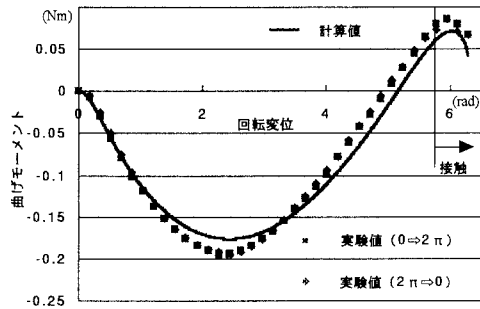
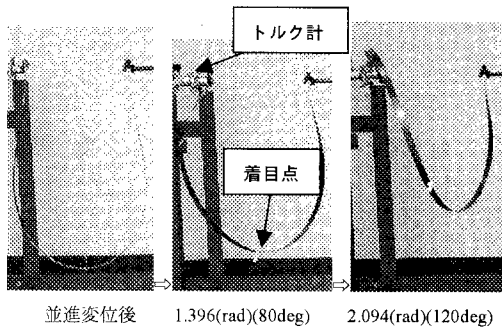


図-4 回転変位-曲げモーメント曲線

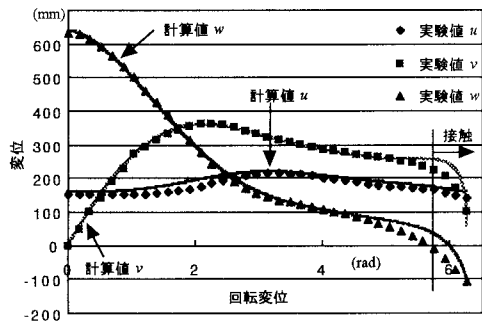
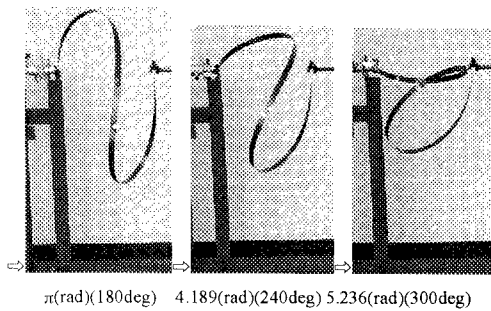


図-5 回転変位-変位曲線

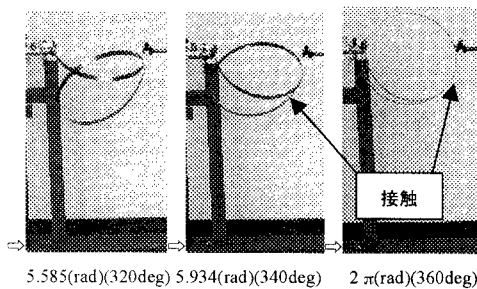


図-2 変形過程

参考文献

- 1) 後藤芳顕, 咲松: 不安定現象を利用したリングのたたみ込みについて, 計算工学講演会論文集, Vol.3, pp769-772, 1998.
- 2) Pai, P.F. and Plazotto, A.N.: Large deformation analysis of flexible, *Int. J. Solids Structures*, Vol.33, No.9, pp.1335-1353, 1996.
- 3) 西村督, 森迫清貴: 増分摂動法を用いた立体骨組解析法によるリングのたたみ込み過程の解析, 計算工学講演会論文集, Vol.3, pp.765-768, 1998.
- 4) 後藤茂夫, 井嶋克志, 帯屋洋之, 井口真一: 立体大変位解析における有限回転の合成法と解の収束性, 計算工学講演会論文集, Vol.3, pp757-760, 1998.