

I - A19

リングの折り畳みに関する断面形状変化の影響について

佐賀大学理工学部 学生会員 ○井口 真一¹同上 正会員 後藤 茂夫²同上 正会員 井嶋 克志³同上 正会員 帯屋 洋之⁴

1.はじめに

前回、空間有限回転を伴う大変形解析として接線剛性法を用いリングの折り畳みを行った。ここでは、特別に作成した高精度有限変位解析プログラムは必要とせず、著者らが開発した汎用プログラムにより十数分割のリングを2ステップの操作のみで理論解との整合性のある3つの三分の一リングに折り畳めることを示した。そこで今回、リング部材の断面形状の縦横比が及ぼす折り畳みへの影響および、折り畳み方法の違いによる力学的特性の変化について接線剛性法を用い解析し考察する。

2.回転変形の演算について

要素座標系から要素端への座標変換マトリックスCより

$$C = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(1)$$

とにおいて

$$2 \cos \theta = C_{11} + C_{22} + C_{33} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$4 \sin^2 \theta = (C_{32} - C_{23})^2 + (C_{13} - C_{31})^2 + (C_{21} - C_{12})^2 \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\begin{bmatrix} \theta_x \\ \theta_y \\ \theta_z \end{bmatrix} = \theta = \frac{\theta}{2 \sin \theta} \begin{bmatrix} C_{32} - C_{23} \\ C_{13} - C_{31} \\ C_{21} - C_{12} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(4)$$

であり、プログラム中では、式(2)、(3)をc、s²とにおいて以下を用いる。

$$c > 0 \quad \text{のとき} \quad \theta = \tan^{-1}(s/c) \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$c < 0 \quad \text{のとき} \quad \theta = \tan^{-1}(s/c) + \pi \quad \dots\dots\dots(6)$$

これにより、 $|\theta| < \pi$ の範囲での確定が可能となるが、cに条件をつけない(5)のみの場合は、 $|\theta| < 1/2 \pi$ となる。

3.諸設定

計算モデルとして用いるのは、図-1に示す半径R=30mのリングである。また、有限回転挙動を視覚的に明瞭にするため、全体を180分割し、従属部材を各節点ごとに設定した。

リング部材の断面は、図-2のように設定し、縦横比の変化は、R/b=50と固定することによりhを変化させて断面定数を得ることとする。

4.計算

折り畳み方法を以下のように

I. Pattern n・・・図-1のn軸
回りに回転させるII. Pattern t・・・図-1のt軸
回りに回転させる

の2つを定義する。

この2つの折り畳み方法を用い、b/h=10~1までhを変化させ、変位制御のみで、 $1/32 \pi$ づつ回転させ折り畳みを行う。

5.結果及び考察

解析I、解析IIから以下の図-3、図-4の荷重-変位曲線が得られる。

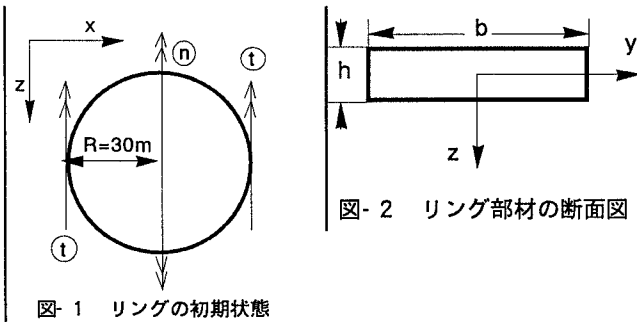


図-1 リングの初期状態

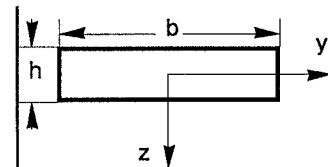


図-2 リング部材の断面図

key words : 接線剛性法、有限回転、畳み込み

I. Pattern n

折り畳みの可能な断面の最小比 b/h は、数値計算上の不安定は生じず、図-3から、 $b/h=1.76$ と絞り込むことができる。しかし、この断面形状での回転変位 $26/32 \pi$ (rad) 前後の収束時の変形図（図-5）から現実には存在し得ない、リングがすり抜けた形状であることがわかる。そこで、リングがすり抜けしない最小の b/h を求めると、最短節点間距離を Δl とすると $\Delta l/R=0.0004$ のとき、 $b/h=1.82$ （図-6 荷重-変位曲線）が得られる。

II. Pattern t

折り畳みの可能な断面の最小比 b/h は、図-4から、 $b/h=1.57$ （図-7 荷重-変位曲線）と確認できる。このことは、Pattern n に対して Pattern t が、今回設定した断面形状の縦横比に関してより折り畳み性能が高いことを表す。また、図-6、図-7 から変位制御による現実的な折り畳みに関しては飛び移りが全く生じない Pattern t が非常に有利な手段といえる。

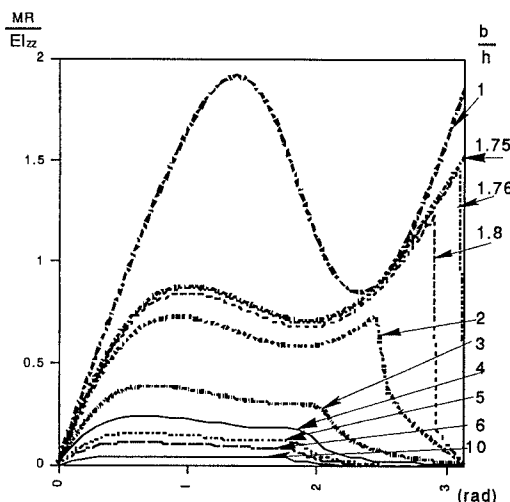


図-3 荷重-変位曲線 (Type n)

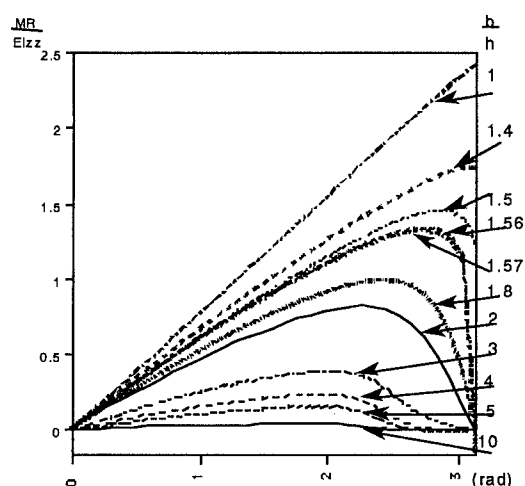


図-4 荷重-変位曲線 (Type t)

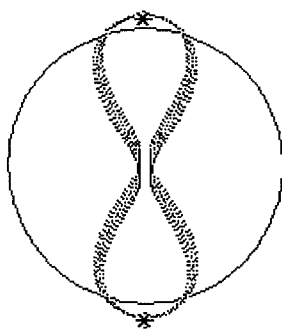


図-5 通り抜け

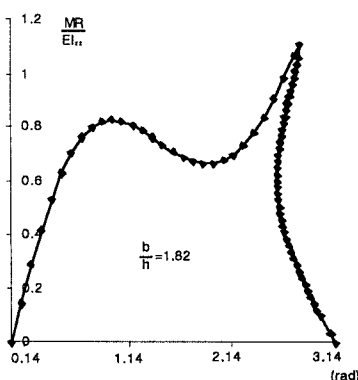


図-6 荷重-変位曲線

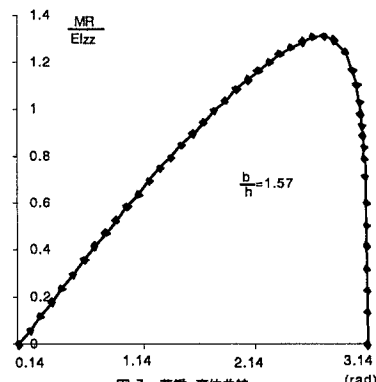


図-7 荷重-変位曲線

参考文献 1) 後藤茂夫：立体構造物における接線幾何剛性マトリックスの定式化 土木学会論文報告集 No.238

2) 後藤茂夫、荒牧軍治、井嶋克志：要素剛性分離の手法による構造物の幾何学的非線形解析

土木学会構造工学論文報告集 Vol.37A

3) 後藤芳顕、渡辺康人、春日井俊博、松浦聖：空間での有限回転を伴う弾性座屈現象を利用したリングのたたみ込み 土木学会論文報告集 No.428/1-15

4) 後藤茂夫、井嶋克志、古賀勝喜、帯屋洋之：接線剛性法による要素力式の設定と解の精度

5) 後藤茂夫、井嶋克志、帯屋洋之、劉磊：接線剛性法による平面骨組の分岐鉤合系の解析

構造工学における数値解析法シンポジウム論文集第18巻

6) 吉田裕、増田陳紀、森本剛、広沢規行：立体骨組構造の増分つり合い方程式とその解法

土木学会論文報告集第300号

7) 井口真一、後藤茂夫、井嶋克志、帯屋洋之：従属節点を持つ立体骨組の大変形プログラム

第51回年次学術講演会講演概要集 第1部(A)