

橋横河ブリッジ 正員 ○春日井俊博
 名古屋工業大学 正員 後藤 芳顯
 名古屋工業大学 正員 松浦 聖

1. まえがき ねじり荷重を受ける棒材の曲げ座屈問題(グリーンヒル問題)は Greenhillによって初めて扱われ円形断面を対象に数種の境界条件に対して座屈荷重が求められている¹⁾。しかしながら、その座屈後挙動については十分な形ではほとんど解析されていない。

ここでは、著者らが提示した高精度の立体棒材の有限変位解析法を用い、その座屈後挙動の特性を明らかにしたので報告する。

2. 解析手法 解析手法には、著者らが既に提案している棒の三次元空間での有限回転を厳密に考慮したLagrange表現の微小ひずみ・有限変位の支配方程式²⁾に直接基づく高精度の非線形伝達マトリックス法^{3)~6)}を採用する。解析モデルは図-1に示すように、長さ l の棒の一端を固定し他端は部材軸回りの回転 α_z と部材軸方向の並進変位 w_0 が自由であるものを用いる。計算に用いる断面としては、図-2に示す長方形断面($h \times b$)を考える。部材分割数は200分割とし、弧長増分法⁴⁾とNewton-Raphson法により収束解を求める。

3. 解析結果 長方形断面($h/b=3.0$)に関する荷重-変位曲線を図-3に示す。ここで、載荷点の軸方向並進変位 w_0 、ねじりモーメント M_z は無次元パラメータ w_0/l 、 $M_z l / E(I_{xx} + I_{yy})/2$ で表す。なお、 E はヤング係数、 I_{xx} 、 I_{yy} はそれぞれ y 軸、 x 軸回りの断面2次モーメントである。図-3より、軸はねじりモーメントが大きくなるにつれてねじれていくが、座屈荷重に達すると軸方向の変位が大きく現れ、耐荷力が急激に低下している様子がわかる。その後、荷重低下が止まり再び耐荷力が増加する傾向が見られるが、これは、座屈後ねじりによる“こぶ”ができたために全体として剛性が上がったためと考えられる。その後再び耐荷力の低下が起こる。

次に、座屈荷重と断面形状の関係を調べた。断面パラメータ $h/b = 1.6, 2.0, 3.0, 5.0$ の場合の荷重-変位曲線を図-4に示す、これより、断面の縦横比 h/b が大きくなるほど座屈荷重は低下する傾向にあることがわかる。

図-3のつり合い曲線上に示す(a)~(l)での変形形状を図-5に示す。これより、軸がねじりモーメントによりねじれてゆき(b)、面外にはらみ出した結果ねじりから弱軸回りの曲げに変形のモードが移行し座屈する((c)~(e))様子がよくわかる。また、一度はらみ出した棒材が再びねじりにより絞り込まれ((f)~(h))その後もう一度外側へはらみ出し((i)~(k))最後に部材同士が接触する(l)。本解析手法では接触問題となるこれ

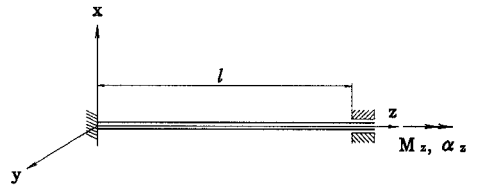


図-1 解析モデル

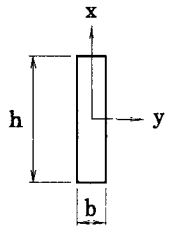


図-2 断面形状

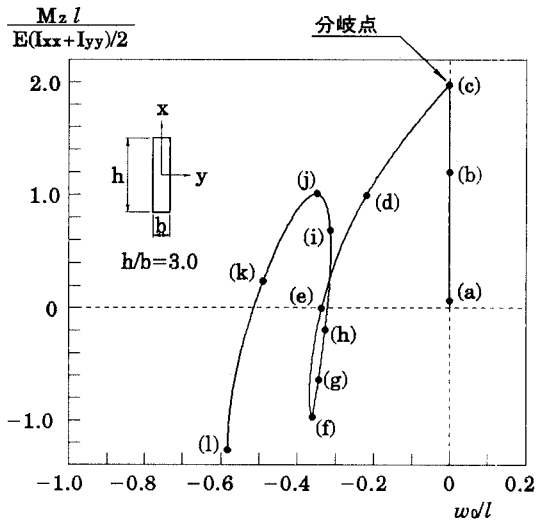


図-3 荷重-変位曲線

以上の解析は行えない。以上の解析結果は実現象をよく表しているといえる。

4. まとめ 伝達マトリックス法による空間棒材の数値解析手法によりグリーンヒル問題の解析を行い、従来ほとんど解析例のない空間での有限回転を伴う座屈後挙動を追跡し、その挙動特性を明らかにすることができた。また、座屈荷重に与える断面形状の影響も明らかにした。

【参考文献】

- 1)Greenhill,A. G. : Proc. Inst. Mech. Engrs., 1883 2)Goto,Y.,et.al : Structural Eng./Earthquake Eng.,Vol. 2, No. 2, 1985 3)Goto,Y., et.al : Structural Eng./Earthquake Eng.,Vol. 5, No. 1, 1988 4)後藤ら : 土木学会論文集, No. 428/1-15, 1991 5)Goto,Y.,et.al : Int. J. Solids Structures, Vol. 29, No. 7, 1992

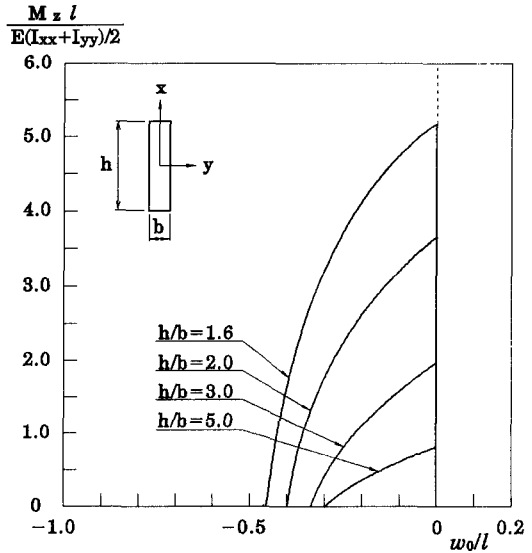


図-4 断面形状の影響

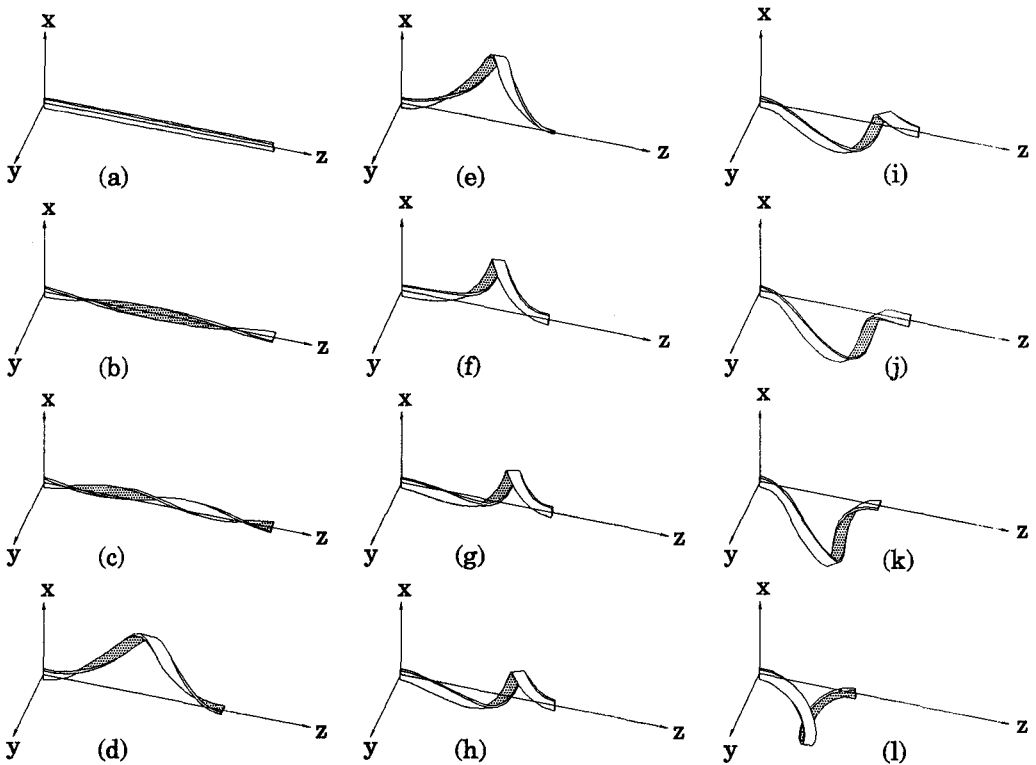


図-5 変形状(h/b=3.0)