

I - A45

有限回転を考慮した立体骨組構造物の弾塑性有限変位解析

大成建設（株） 正員 近藤 達也
 岐阜大学工学部 正員 奈良 敬
 岐阜大学工学部 正員 村上 茂之
 駒井鉄工（株） 正員 野倉 剛志

1. まえがき

本研究は、現行の許容応力度設計法や部材レベルでの限界状態設計法から、構造物全体の終局限界状態を基にした限界状態設計法への移行を念頭に置き、構造物全体として終局限界状態に至るまでの追跡が可能な解析法の開発を目的としている。

構造物全体の弾塑性有限変位解析を行なうにあたり、有限回転が問題となる。つまり、回転変位を微小回転として近似的に取り扱った場合と、有限回転として厳密に取り扱った場合とでは結果に差異が生じる¹⁾。そこで、更新ラグランジェ法を用いた場合、解析結果の差異を定量的に評価し、その必要性について検討した。

2. 解析法

平面骨組構造物を対象とした弾塑性有限変位解析法²⁾に、1 節点 6 自由度の骨組要素を導入することにより、立体構造物において生じる 2 軸曲げ、ねじり座屈などに対応させた。更に回転行列を用い、回転の合成を厳密な手順に従わせることで、有限回転を考慮できるように改良した³⁾。

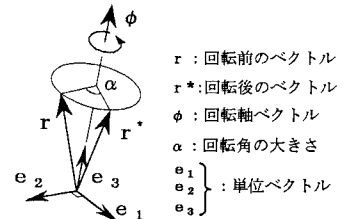


図-1 ベクトルの回転

3. 数値計算例

(1) 有限変位問題について

片持ち柱モデルの、面外方向（X-Z 方向）について数値計算を行なった。初期たわみの最大値 $v_0=L/1000$ 、要素分割は部材軸方向に 20 分割とし、真直な柱の理論座屈荷重 $P_{cr}=811.4\text{N}$ 、ヤング係数 $E=205.8\text{GPa}$ である。

本解析により得られた荷重と変位の関係は、水平変位が減少する領域まで、Timoshenko の楕円積分による解⁴⁾と良好に一致している。

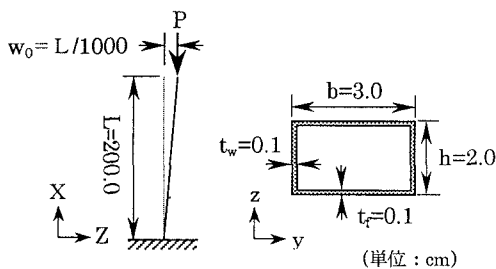


図-2 片持ち柱モデル

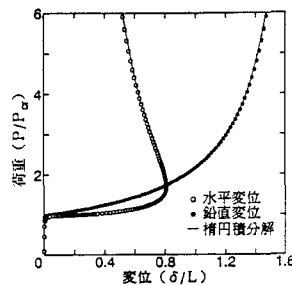


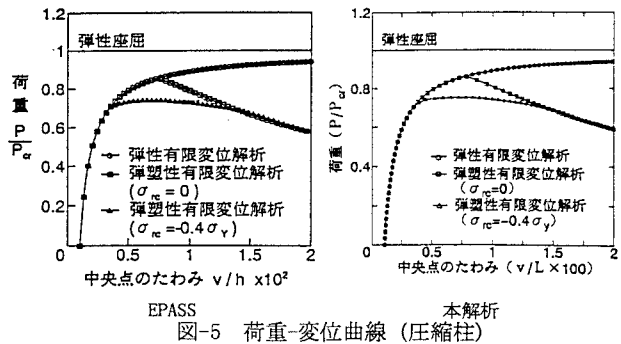
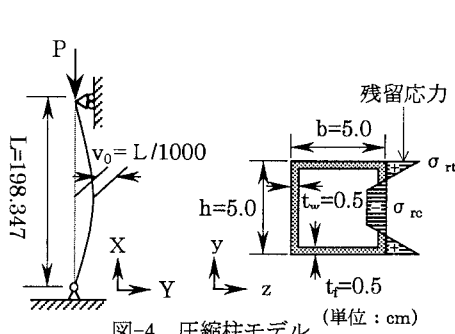
図-3 荷重-変位曲線（片持ち柱）

(2) 弾塑性問題について

初期たわみおよび残留応力を有する圧縮柱モデルの数値計算を行った。初期たわみは正弦半波形で与え、最大初期たわみ量 $v_0=L/1000$ とした。残留応力分布を図-4 に示す。ここに $\sigma_{rt}=\sigma_Y$ 、 $\sigma_{rc}=-0.4\sigma_Y$ 、降伏応力度 $\sigma_Y=294\text{MPa}$ である。要素分割は部材軸方向に 20 分割とし、 $P_{cr}=15.88 \times 10^4\text{N}$ 、 $E=205.8\text{GPa}$ である。図-5 に示すように、本解析より得られた荷重-変位曲線は EPASS⁵⁾による解と良好に一致している。

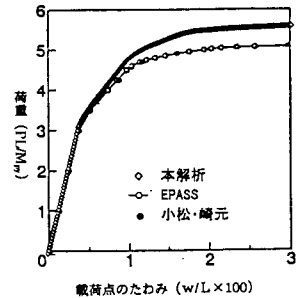
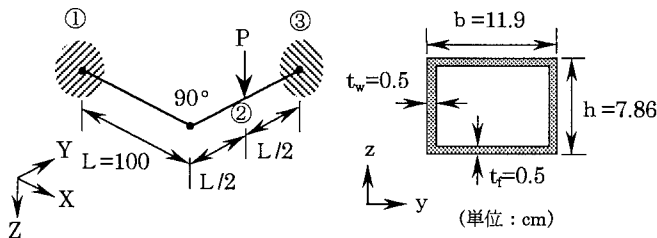
キーワード：立体骨組，弾塑性，有限変位，有限回転，更新ラグランジェ法

連絡先：〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部土木工学科 TEL 058-293-2405



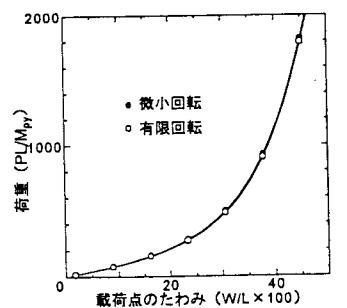
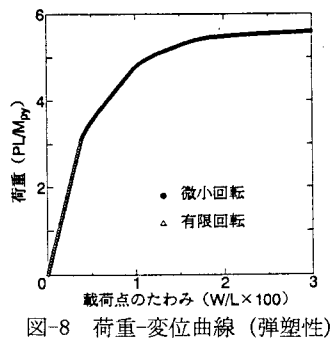
(3) 立体問題について

図-6 に示す両端固定の折れ曲がり梁を対象として数値計算を行なった。要素分割は部材軸方向に 20 分割とし、初期不整は無いものとする。 $\sigma_y=395.1\text{MPa}$ 、 $E=205.8\text{GPa}$ 、全塑性ねじりモーメント $M_{px}=19.14 \times 10^5 \text{N}\cdot\text{cm}$ 、弱軸まわりの全塑性モーメント $M_{py}=21.95 \times 10^5 \text{N}\cdot\text{cm}$ である。図-7 に示すように、本解析で得られた結果は、小松・崎元⁶⁾や EPASS⁵⁾の結果と比較して、固定端断面の一部が塑性化しはじめてからは結果が異なる。これは弾塑性の判定方法が原因だと思われる。



(4) 有限回転問題について

解析モデルは先に示した折れ曲がり梁を用いる。弾塑性解析の場合は極限強度に到達したときの変位が小さいために、有限回転の考慮の有無による結果の差異はほとんど見られない。弾性解析においては、たわみが長さLの30%を超える辺りから、微小回転に近似した解析結果の誤差が蓄積しているものの、両者の差は十分に小さい。



4.まとめ

立体骨組構造物を対象とした弾塑性有限変位解析プログラムの弾塑性問題、有限変位問題、立体問題、有限回転問題に関して妥当性をそれぞれ検証した。有限回転の問題に関して、今回行なった折れ曲がり梁の数値計算結果を見る限りは、回転変位を微小回転として取り扱った本解析法を用いても問題はないと思われる。今後研究対象とするモデルにおいて検討することが課題である。

参考文献 1) 前田幸雄, 林 正: 立体骨組構造物の有限変位解析, 土木学会論文集, 第 253 号, 1976 年 9 月。

2) 上野智弘: 骨組構造の弾塑性有限変位解析に関する研究, 岐阜大学卒業論文, 1990 年 2 月。

3) 近藤達也: 有限回転を考慮した鋼骨組の弾塑性解析, 岐阜大学大学院修士論文, 1999 年 3 月。

4) Timoshenko, S.P. and Gere, J.M.: Theory of Elastic Stability, McGraw-Hill, pp.76-88, 1961.

5) 関西道路研究会, 道路橋調査研究委員会: 設計小委員会報告書・EPASS の概要と基礎理論, 1994 年 3 月。

6) Komatsu, S. and T.Sakimoto: Nonlinear Analysis of Spatial Frames Consisting of members with Closed Cross-Sections, Proc. Of JSCE, No.252, pp.143-157, August 1976.