

東京都立大学○学生員 木村 英明

東京都立大学 正会員 野上 邦榮

1. まえがき 骨組構造物を構成する部材の多くは、一般に2軸方向の曲げと軸圧縮力を受ける「はり一柱」と考えることができる。また、骨組構造物の一部には材料の節約のために部材の一端から他端へと連続的に変化する変断面部材がしばしば使用される^{1) 2)}。ところで、一般に構造物の最終強度の推定は、材料および幾何学的非線形性を合わせ持つ複合非線形問題として解析する必要がある。こうした構造解析を行う手法として、新しい離散化モデルである「剛体-バネモデル」が提案されている。このモデルはこれまでに、棒部材の座屈耐荷力問題に有効であることが明らかにされているものの、2軸曲げを受ける変断面部材に対する検討はされていない。本報告では、2軸方向の片曲げと軸圧縮力を受ける薄肉の箱形変断面はり一柱を対象にして、材料および幾何学的非線形性を考慮できる剛体棒要素モデル³⁾を用いて耐荷力解析を行い、このモデルの有効性を明らかにするとともに、2軸曲げを受けるはり一柱の変形挙動等の耐荷力特性を述べたものである。

2. 解析方法 「剛体-バネモデル」は、解析対象部材を剛体とみなした有限個の要素に分割し、隣接要素はその境界面上でバネ系により結合されており、このバネ系に力学的特性を持たせたものである。ここでは図-1に示すような、分布軸バネおよび集中せん断バネから構成された剛体棒要素モデルを用いるものとする。なお、せん断バネは断面内の2軸方向に各々1本配置している。以上のバネ系を考える場合に、バネが力学的変形特性を代表している領域をバネ要素とする。

さらに部材の剛性が部材軸方向に変化するような変断面部材の取扱いは、部材軸方向に分割されたバネ要素を、階段状に断面形が変化した等断面要素の組み合わせとすることで、変断面部材のモデル化を行った。

解析の対象となる変断面部材はウェブ高さのみが直線的に変化するものとし、このテーパ比は

$$r = (d(L) - d(S)) / d(L)$$

と定義する(図-2参照)。また、この部材の両端は単純支持されており、断面の重心に軸圧縮力、大断面に2軸方向の端曲げモーメントが作用するものとする。

また解析条件として次のような仮定を導入した。①材料特性は履歴型完全弾塑性体とする。②材料の降伏は、軸方向応力のみにより決まるものとし、せん断応力は無視する。③残留応力は溶接型断面の理想化した残留応力分布を用い、 $\sigma_r = 0.4 \sigma_y$ とした。④初期たわみは正弦波の半波を導入する。なお、部材軸方向の分割数は部材軸方向に20分割とした。また、各バネ要素の断面内は、フランジ、ウェブとも10分割とし、各々の要素の重心に軸バネを配置した。

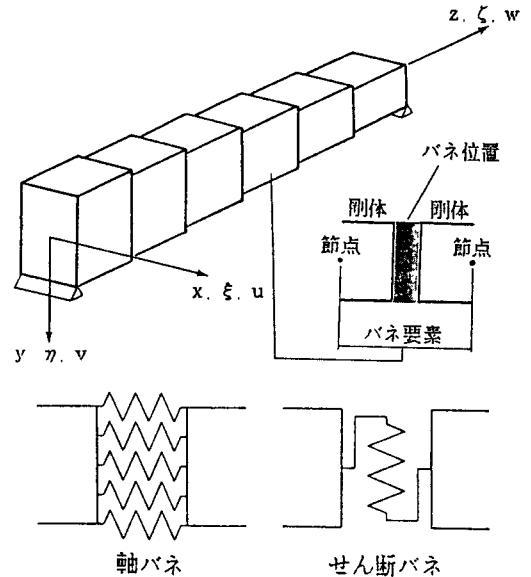


図-1 剛体棒要素モデル

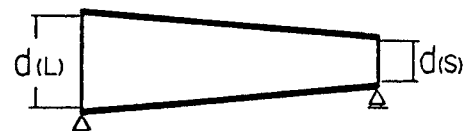


図-2 変断面部材のウェブ高さ

3. 解析結果 次に剛体棒要素モデルによる変断面部材の解析結果を示す。まず大断面の剛性比が $I_{xx}/I_{yy}=3$ 、 $\gamma=0.8$ の部材について、 $M_x=0.2M_{px}$ 、 $M_y=0.2M_{py}$ (M_p は大断面の全塑性モーメントを表す) の端曲げモーメントが作用した場合を例にして、挙動と降伏状況を示したものが図-3である。縦軸は軸圧縮力を大断面の降伏荷重で無次元化したものを取り、横軸には軸方向変位を支間長で無次元化したものをとった。荷重の増加によって、断面内に降伏が発生し、剛性が低下する。このため変形量の増加に伴い、荷重は限界値(耐荷力点)に達し、やがて減少していく。この点の降伏状況を見ると、2軸曲げにより圧縮側の上フランジと片側のウェブに降伏領域が広がっており、さらに変断面のため支間中央部付近が最も降伏している。

次に大断面の剛性比が $I_{xx}/I_{yy}=3$ の変断面部材について、 γ をパラメータにして、軸圧縮力と2軸の曲げによる立体相関曲線を示したのが図-4である。縦軸は軸圧縮力を大断面の降伏荷重で無次元化したものを取り、横軸には M_x 、 M_y をそれぞれの大断面の全塑性モーメントで無次元化したものをとった。 γ が小さくなり、断面の変化の割合が大きくなると、同じ載荷状態でも耐荷力は低下することが判る。以上から、本モデルは2軸曲げを受ける変断面部材に対して、妥当な変形挙動を追跡できることが判った。

参考文献: 1) 福本編、座屈設計ガイドライン、土木学会、1987 2) 塩見、西川、倉田、鋼変断面はり-柱部材の耐荷力実験、土木学会論文報告集、1983 3) 吉川、野上、伊藤、剛体棒要素モデルによるはり-柱の有限変位解析、土木学会第41回年次学術講演会、1986

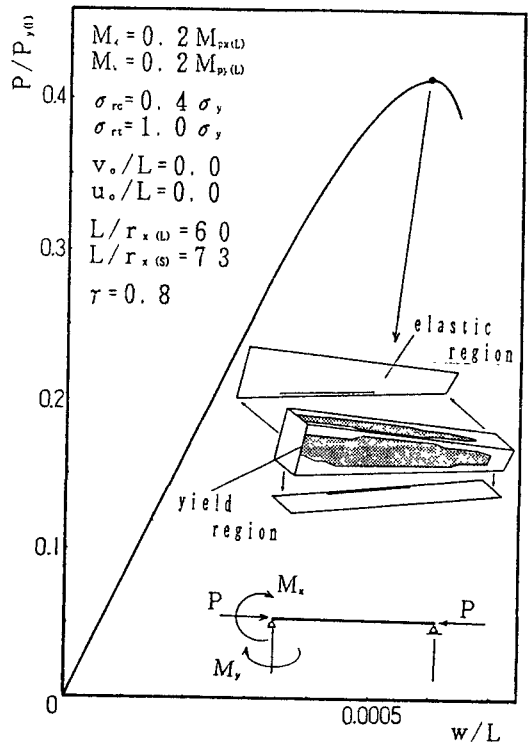


図-3 挙動と降伏状況

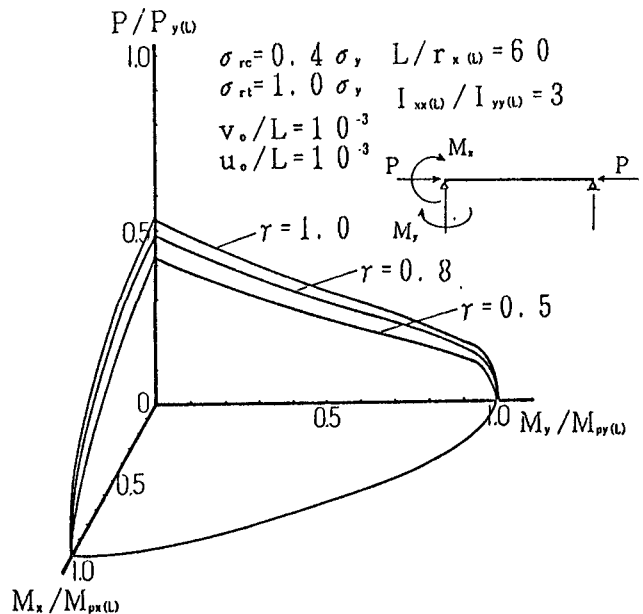


図-4 立体相関曲線