

岐阜県 正員 小野 弘康  
名古屋大学 正員 宇佐美 勉

**1. 緒言** 一般の鋼構造物に使用されている薄板からなる圧縮部材では、局部座屈が生じると構成板要素内の応力の再配分をもたらす部材の挙動は局部座屈発生前の荷重に対する挙動とは異なってくる。そのため、局部座屈を考慮した構造物の強度解析が重要となるが、その挙動は種々の初期不整とりわけ残留応力、初期たわみなどに大きく左右されるので、荷重-変形特性を厳密に解析することは容易ではない。我々の研究室では局部座屈発生後の部材の挙動を表すのに有効な方法と考えられる有効幅理論に基づいた近似解析法により平面構造物や面内に荷重を受ける場合を対象に解析を行ってきた<sup>1)</sup>。今回は、より現実の構造物に近い立体骨組構造部材(二軸曲げと軸方向力を受ける「はり-柱」)を対象として局部座屈を考慮した強度解析を行い、さらに幅厚比の比較的大きな板要素からなる圧縮部材の実用的な設計式について検討する。

**2. 解析手法** 有効幅理論に基づく局部座屈を考慮した箱形断面圧縮部材の解析法は、局部座屈を考えないマトリックス法による立体骨組構造物の弾性有限変位解析と大きく変わらない。唯一の相違点は、各荷重段階における応力状態によって定まる有効断面(構成板要素の有効幅より求める)の変化を考慮するだけである。有効幅公式には文献1)の式に多少の修正を行った式を用いた。また、部材の極限強度(耐荷力)は初期降伏荷重とする。定式化には、軸方向変位に1次、たわみは3次、ねじり回転角には1次の多項式をそれぞれ仮定し、1節点あたり6自由度の棒要素を用いた。

**3. 数値解析結果** 数値計算はすべて部材長の半分の10等分割し、初期たわみとして最大初期たわみ量を柱の長さの1/1000とし、形状は半波のSIN曲線を用いた。

まず初めに有効幅理論に基づく解析法の有効性を確認するために幅厚比パラメータ $R=1.615$ 、細長比パラメータ $\lambda=1.062$ 、偏心量 $e=r/4$ ( $r$ :断面回転半径)の長方形箱形断面一軸等偏心圧縮柱(降伏応力 $\sigma_v=5800\text{kgf/cm}^2$ )を解析し、以前に名古屋大学で行われた実験結果と比較して図-1.に示す。縦軸は、荷重を全断面積で除した平均応力 $\sigma_a$ を降伏応力で無次元化し、横軸は部材中央のたわみを部材長で無次元化してある。また、荷重の増加に伴う部材中央断面の断面欠損(黒く塗りつぶした部分)の変化の様子も模式的に示した。図より有効幅理論に基づく局部座屈を考慮した解析解と実験結果は部材の耐荷力に関して比較的精度よく一致していることがわかる。

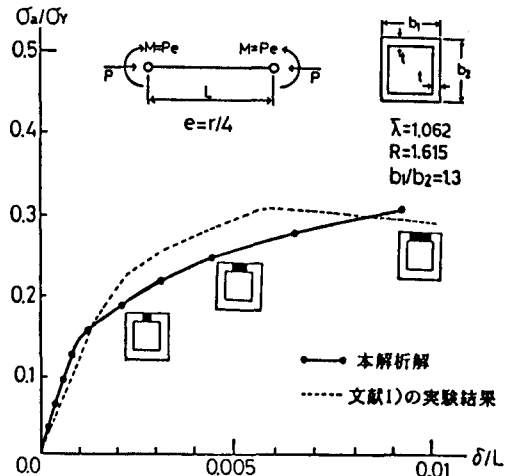


図-1. 一軸偏心圧縮柱の荷重-変位曲線

次に、二軸等偏心圧縮柱の設計式の検討を行う。二軸等偏心圧縮柱の強度相関式には、一軸偏心圧縮柱の強度式<sup>1)</sup>を拡張した次式を用いる。

$$\frac{P}{P_u} + \frac{M_y}{M_{yu}(1-P/P_{Ey})} + \frac{M_z}{M_{zu}(1-P/P_{Ez})} \leq 1.0 \quad (1)$$

ここで、 $P_u$ …局部座屈を考えた中心軸圧縮柱の強度、

$M_{yu}, (M_{zu})$ …局部座屈を考えたy軸(z軸)まわりの極限曲げモーメント、

$P_{Ey}, (P_{Ez})$ …y軸(z軸)まわりのオイラーの座屈荷重である。

まず、解析より得られた $R=1.27$ の正方形箱形断面中心軸圧縮柱の強度をECCSの柱の耐荷力曲線上にプロットしたのが図-2.である。ここで、図中の $Q$ は局部座屈を考慮した正方形箱形断面の短柱の強度で、

$$Q = 0.7/R \leq 1.0 \quad (2)$$

である。図より本解析で得られた中心軸圧縮柱の強度は、いずれの細長比の場合もECCSのb曲線に比較的近い値を示していることがわかる。よって、式(1)の $P_u$ にはECCSのb曲線から得られる値を用いることにする。

次に、解析解と線形相関式の比較をする。図-3.(a)は一軸偏心のときで、図-3.(b),(c)は $P/P_u$ がそれぞれ0.6, 0.2のときの本解析値と(1)式を比較して示している。ここで、局部座屈を考えたy軸(z軸)まわりの極限曲げモーメントには、case1として一軸偏心圧縮柱について提案されている式<sup>2)</sup>を用い、case2として文献3)の考え方(ただし、構成要素の強度式として式(2)を用いる)を用いた。図-3.(a)より一軸偏心の場合、case1では $M_{yu}$ を求める式が中立軸の移動を考えた比較的厳密な式であるため相関式はcase2に比べ、解析値に対して精度の高い値を得る。図-3.(b)より $P/P_u=0.6$ のときはcase1とcase2とでは一軸偏心の場合を除いてそれほど大きな差異はみられないが、図-3.(c)より $P/P_u=0.2$ のときはcase1はcase2に比べて耐荷力をかなり低めに評価してしまう。以上のようにcase1とcase2とでは得られる値の傾向は若干異なるが、いずれの場合にも線形相関式は本解析から得られた相関曲線に比べて安全側の推定値を与えるといえる。なお、細長比 $\bar{\lambda}$ が小さくなった場合も傾向はよく似ているが、解析値と式(1)の相関式の差がより小さくなる。

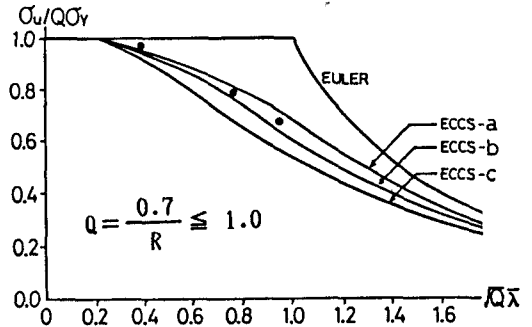


図-2. ECCSの柱の耐荷力曲線との比較

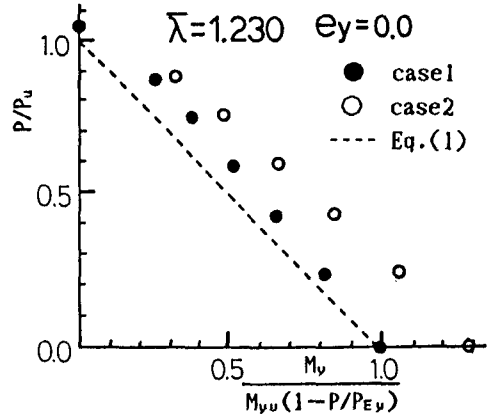


図-3.(a) 解析値と相関式の比較( $e_y = 0.0$ )

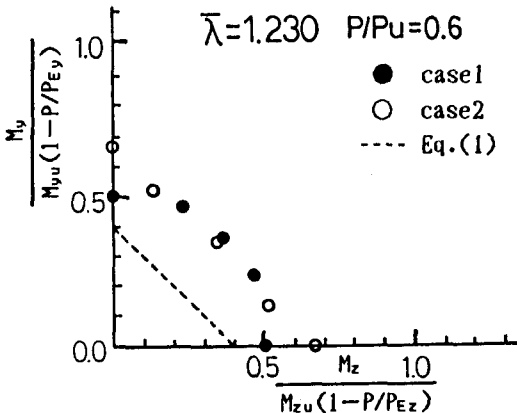


図-3.(b) 解析値と相関式の比較( $P/P_u = 0.6$ )

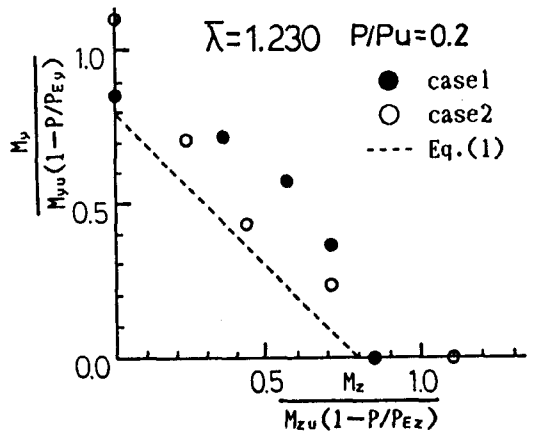


図-3.(c) 解析値と相関式の比較( $P/P_u = 0.2$ )

参考文献 1)宇佐美ら，土木学会論文報告集，第326号，1982年10月，pp.41-50. 2)宇佐美ら，土木学会論文報告集，第308号，1981年4月，pp.47-58. 3)土木学会，鋼構造物設計指針，1988.