

新平面応力要素を用いた弾塑性有限変位解析法の精度について

熊本大学 学生員○岩坪 要 熊本大学 正 員 山尾 敏孝

熊本大学 学生員 日野 雅夫

1. まえがき: 著者らは要素分割数を減らし、なおかつ面内回転剛性を考慮できる1節点3自由度を有する新しい平面応力要素を、6節点の線形ひずみ要素より座標変換マトリックスを用いることにより誘導した¹⁾。これは従来の平面応力問題において精度を上げるため多くの分割数が必要な問題や、面内回転剛性の欠如という問題に対処するためであった。ここではこの要素を弾塑性問題が解析可能なように拡張してその解析精度について検討を行ったものである。

2. 要素剛性マトリックスの誘導:

1要素6節点で各節点が2自由度 u, v を持つ図1に示すような線形ひずみ要素において、図2(a)に示すように、各辺の中点変位を両端の節点変位と回転項 θ を加えて表わす。6節点の変位 $\{d\}^T = \{u_1, v_1, u_2, v_2, u_3, v_3, u_4, v_4, u_5, v_5, u_6, v_6\}$ と新しい三角形の節点変位 $\{d^*\}^T = \{u_1, v_1, \theta_1, u_2, v_2, \theta_2, u_3, v_3, \theta_3\}$ の関係が座標変換マトリックス $[T]$ を用いて次式(1)で表わせるので、新しい三角形要素の剛性マトリックス $[k^*]$ は $[T]$ を用いて次式(2)のように表せる¹⁾。

$$\{d\} = [T] \{d^*\} \quad (1) \quad [k^*] = [T]^T [k] [T] \quad (2)$$

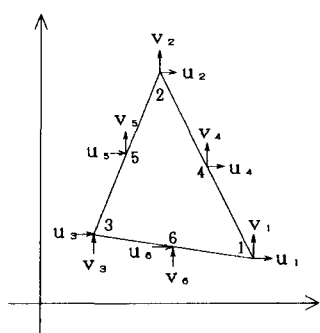


図1 線形ひずみ要素

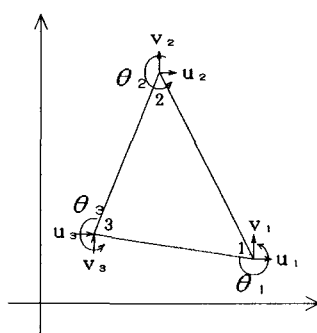
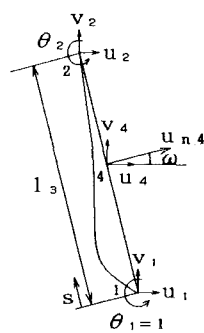


図2(a) 新しい三角形要素

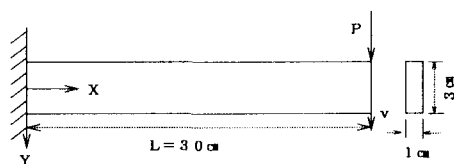


(b) 辺12

3. 解析結果と考察:

(1) 片持ちはりの弾塑性解析

まず、図3に示すような片持ちはりを解析モデルに選り、その弾塑性挙動の比較を行った。分割数は48要素と80要素の二つを例にとって、Timoshenkoによる理論値と比較した。また、応力が集中する部分(固定端)の分割を密にした場合のモデルについても比較した。均等に分割したモデルをモデルA、密にしたモデルをモデルBとした。図4は荷重-たわみ曲線で、横軸には固定端の両縁部が最初に降伏したときのたわみで無次元化し、縦軸には荷重 P を降伏たわみが生ずる荷重 P_y で無次元化して示した。図からわかるように48要素よりも80



$$\begin{aligned} E &= 2039 \text{ tf/cm}^2 \\ \sigma_y &= 3.059 \text{ tf/cm}^2 \\ \nu &= 0.0 \end{aligned}$$

図3 片持ちはりの解析モデル

要素のモデル方が、さらに、モデルAよりもモデルBの方が理論値に近い結果が得られていることが分かる。また、図5は80要素のモデルBにおいて、降伏していく様子を追っていったものである。はりの応力が集中する固定端の両縁部部分から降伏がひろがっていることがわかる。

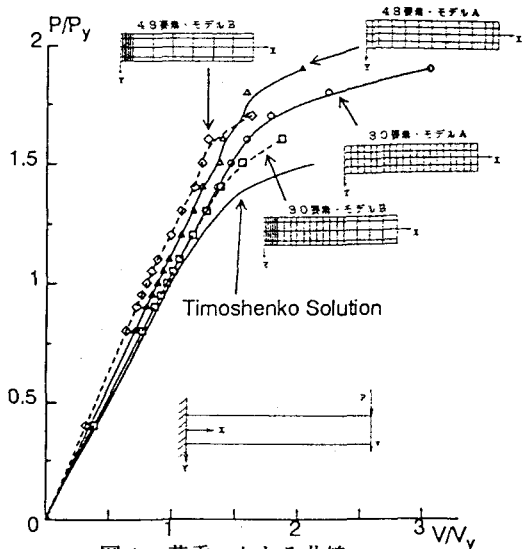


図4 荷重-たわみ曲線

(2) H形鋼モデルの弾塑性解析

図6に示すような高張力鋼SM58材のH形鋼を解析モデルに選び、対称性を考慮することで1/2部分・1/4部分の解析を行い、面内回転剛性を持つ一定ひずみ要素(以降、CSTRと呼ぶ)を用いた場合と本要素を用いた場合の比較検討をする。なお、断面形状は図7に示す。軸方向の分割数はCSTRでは6分割とし、新平面応力要素(以降、LSTNと呼ぶ)では4分割にして解析を行った。今回の解析の応力-ひずみは完全弾塑性とし、図7に示す諸性質を用いた。図8は荷重-軸変位曲線で、縦軸には荷重Pを降伏荷重 P_y で、横軸には軸変位Uを降伏軸変位 U_y でそれぞれ無次元化して示している。図からわかるように、弾性範囲ではCSTRと比較するとよく対応しているが、塑性域に入って最大強度に達するまでの挙動に差が生じていることがわかる。弾塑性域での剛性評価法に多少問題があると考えられる。又、1/4部分モデルより1/2部分モデルの方がよい結果が得られていることがわかるが、CSTRに比べると十分な結果が得られていると思われない。今後、分割数や分割方法と精度についてさらに検討を要すると思われる。

参考文献：

- 1) 平川ら：「座標変換より誘導した平面応力要素を用いた一解析法の精度について」，1993. 9
- 2) 北田俊行：「圧縮力を受ける鋼板及び補剛鋼板の極限強度に関する研究」，1980. 6
- 3) 山尾 敏孝・崎元 達郎：「板要素とはり要素の結合による薄肉構造物の有限変位弾塑性解析」

構造工学論文集 Vol.32A 1986.3

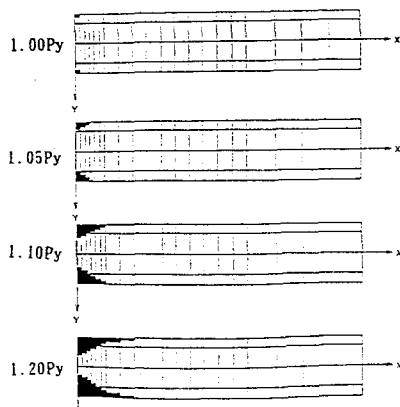


図5 塑性化の進行状況(80要素・モデルB)

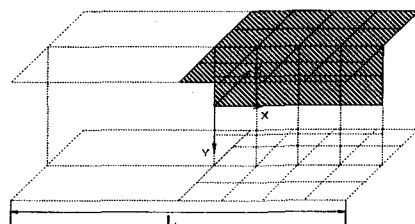


図6 H形鋼解析モデル

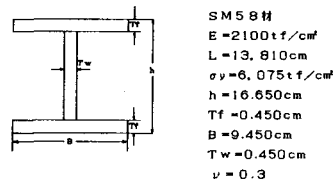


図7 H形鋼解析モデルの断面形状

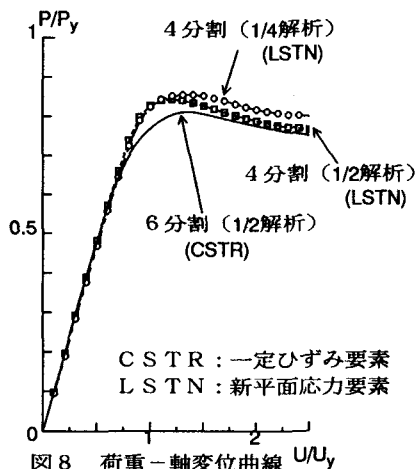


図8 荷重-軸変位曲線