

# 構成則データベースを用いた弾塑性有限要素法に関する基礎研究

筑波大学 学正員 尾崎 孝宏\*

筑波大学 正員 亀田 敏弘\*\*

## 1. はじめに

計算機の性能が向上し、大量のマトリクス演算を高度に実行することが可能となって来た現在、有限要素法は、有効な構造解析の手法である。しかし、非弾性体、不均一体を解析の対象とする場合、構成則が複雑になり、計算量が增大する。そこで、計算機の記憶容量の増加に着目し、予めひずみと応力の関係を計算して、データベース化することにより、複雑な構成則についても、ひずみから応力を逐次計算することなく解析を行う手法について考える。

本研究では、Von Mises 則に従う弾塑性体について、データベースを用いた手法と既存の手法との間で、計算速度について比較検討を行った。

## 2. データベース化

物体の変形が塑性領域にあるとき、全体剛性マトリクスは、次のように表すことができる。

$$K_T = \int_V B^T D_{ep} dV \quad (1)$$

塑性領域では、解が収束するまでループごとに上式を計算する必要がある。微小変形と仮定すると、 $B$ マトリクスは一定とみなすことができる。しかし、 $D_{ep}$  は次式で表される弾塑性応力-ひずみの増分関係式を用いて計算しなければならない。

$$D_{ep} = D - \frac{d_D d_D^T}{A + d_D^T a} \quad d_D = Da \quad (2)$$

そこで、各段階における  $D_{ep}$  をその都度計算によって求めるのではなく、その段階におけるひずみ状態 ( $\epsilon_x, \epsilon_y, \gamma_{xy}$  の値) から  $D_{ep}$  の各成分を参照することが出来るようにすれば、作成のための計算を省略することが出来る。図1にこの手法による弾塑性解析プログラムのフローチャートを示す。

## 3. 数値解析

解析には図2に示す解析モデルを用いた単軸引っ張りを行い、既存手法とデータベース型手法で計算時間の比較を行った。2次元、平面応力状態についてのみ考え、鋼材の単軸引っ張り応力、硬化関数には任意の値を用いた。

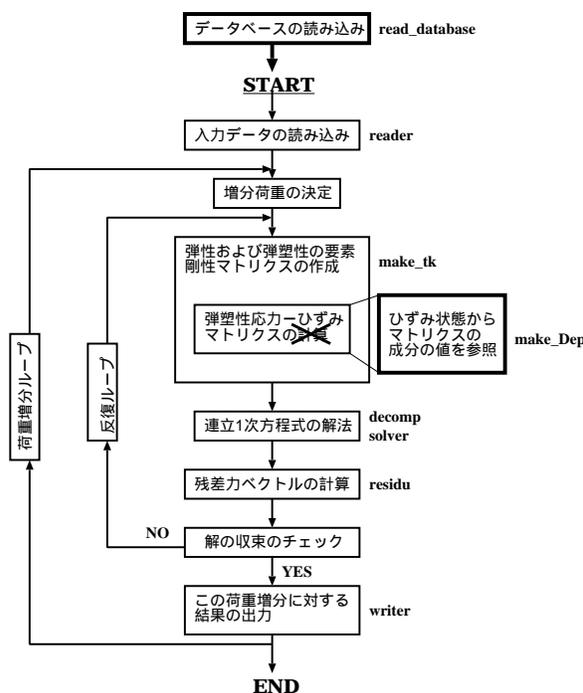


図1. フローチャート

キーワード：データベース, 有限要素法, 弾塑性, 構成則

\* 〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学大学院理工学研究科 TEL : 0298-58-7366

\*\* 〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学機能工学系

TEL/FAX : 0298-58-5114

ヤング率	$2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
ポアソン比	0.3
単軸降伏応力	$10 \text{ kgf/cm}^2$
構成則	Von Mises 則
硬化関数	$1.36 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

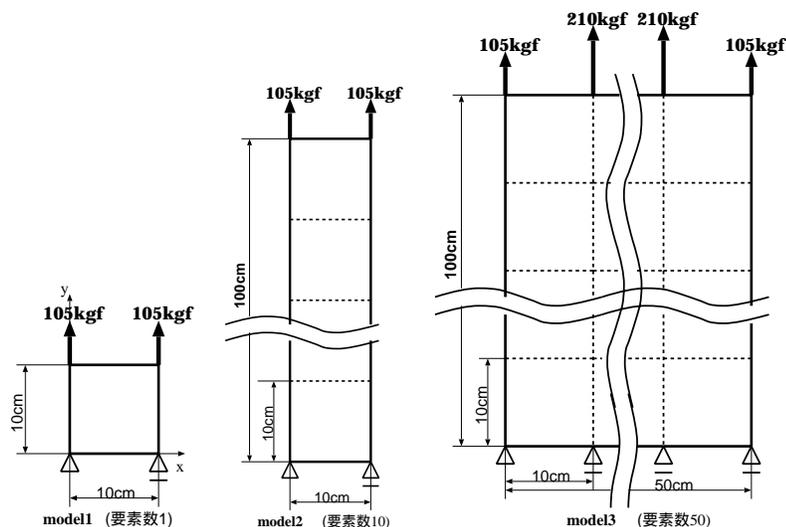


図 2：解析モデル

#### 4. 解析結果

両手法における計算時間の比較を図 3 に示す。要素数 1 である model1 においては 16% の計算速度の向上が認められたが、要素数が増加するにつれてその割合は減少する傾向にあり、要素数 50 である model3 においては 3% に留まった。次に両手法について、計算時間全体に占める、弾塑性応力-ひずみマトリクス作成にかかる時間の割合を表 1 に示す。データベースを用いることによる割合の減少率を短縮率として下に記す。計算時間全体に占める、弾塑性応力-ひずみマトリクス作成にかかる時間の割合は、85% から 90% の短縮が確認できる。また、この短縮率は、要素数の増加に伴って大きくなるのが分かる。

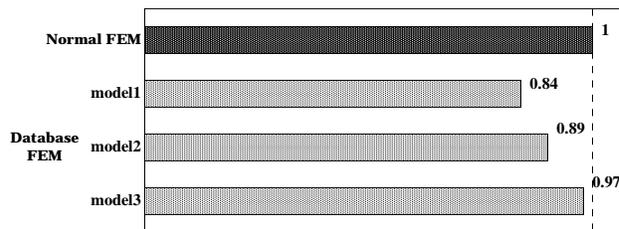


図 3：計算時間の比較

	model1	model2	model3
既存手法	11.6	8.1	3.1
データベース型手法	1.7	0.9	0.3
短縮率 [%]	85	88	90

表 1：弾塑性応力-ひずみマトリクス作成にかかる時間割合の比較

#### 5. まとめ

弾塑性応力-ひずみマトリクスの作成を行う関数については、データベースを用いることにより計算時間の短縮が可能であり、また、要素数の増加、収束計算の反復回数の増加による、その関数の実行回数の増加に伴い、その有効性が大きくなるのが分かった。ただし、現時点のプログラムでは、同時にその他の関数の計算コストが相対的に増加するため、解析全体の計算時間には反映されにくい。

#### 参考文献

- O.C.Zienkiewicz 著, 吉識雅夫・山田嘉昭訳：基礎工学におけるマトリクス有限要素法, 培風館, 1975  
D.R.J.Owen/E.Hinton 著, 山田嘉昭訳：塑性の有限要素法, 科学技術出版, 1988