

構成則データベースを用いた弾塑性有限要素解析に関する研究

筑波大学 学生員 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増大する。そこで計算機の記憶容量の増加に着目し、ひずみと応力の関係を予め計算してデータベースとしてメモリ上に記憶保持することにより、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が可能となる。また構成則データベースにひずみと応力の対応関係が含まれることから、実験により作成されるデータベースを用いることにより構成則が未知の材料についても解析が可能となる。しかしながらメモリの制約のためデータベース化による誤差が生じることが問題になる。以上のことから本研究では構成則データベースを用いる本手法の精度について検証を行う。

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出来る。

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

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出来る。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. 分散メモリ型並列システム

構成則データベースの精度の向上、もしくはパラメータの追加を行うときデータ量は増大する。そこで図2に示すように複数の計算機をネットワークで結び一つの巨大な記憶領域を定義し、それぞれのメモリ上に区間データベースを記憶保持する。メッセージ通信にはMPI(message passing interface)を用い、計算時には利用する区間のデータベースを受信し剛性マトリクスの作成を行う。ネットワーク上の計算機を追加することにより記憶容量の拡張が容易に行える。また、計算を行う計算機とデータベースを記憶保持する計算機を分離することによりマトリクス演算に用いる記憶領域に影響を与えることなく計算可能となる。

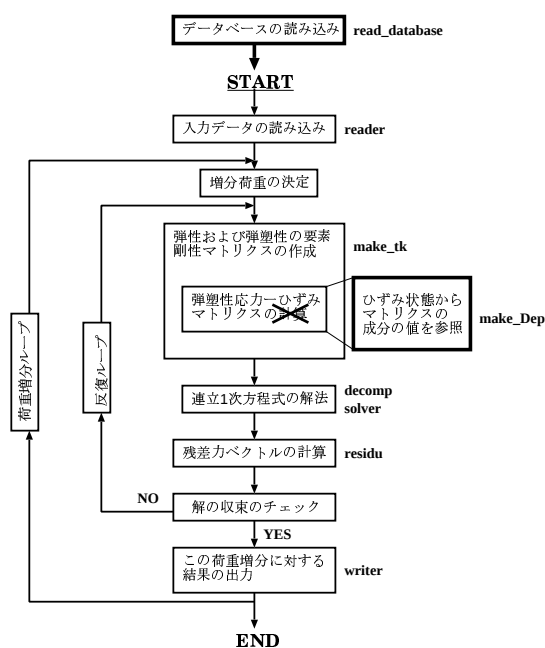


図1. フローチャート

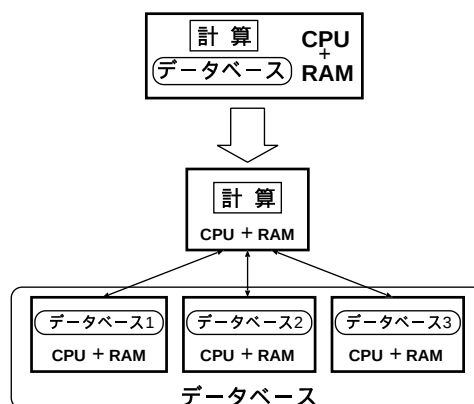


図2. システム構成

キーワード：データベース, 有限要素法, 弾塑性, 構成則, 分散メモリ型並列システム

* 〒 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

4. 数値解析

図3に示す円孔モデルを用いた2次元平面問題について解析を行い、既存手法とデータベース型手法との間で最終変位を比較する。要素数32、72の解析モデルを用いて、2種類のデータベースの精度について誤差の比較を行い、データベースの精度による解析誤差について検証する。本解析では平面応力状態について考え、材料の単軸降伏応力、硬化関数には一般的な鋼材の値を用いる。データベースのデータベース区間数、各パラメータきざみ数、データ量を表1に示す。

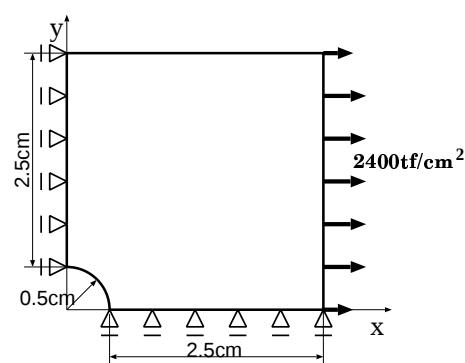


図3. 解析モデル

表1: データベースの精度とデータ量

	Database1	Database2
データベース区間数	10	20
パラメータきざみ数 $[\epsilon_x, \epsilon_y, \gamma_{xy}]$	120, 100, 100	240, 200, 200
データ量 [MB]	28.8	230.4

5. 解析結果

解析結果を図4に示す。要素数32、72の場合共にデータベース精度の向上により解析結果の誤差が減少することが確認できる。応力集中部となる円孔上端部に注目してみると、要素数32の場合については標準精度では14.6%である誤差がデータベースの精度を2倍にすることにより6.8%に減少する。要素数72の場合についても13.5%から7.0%に減少することが確認出来る。このように要素数32、72の場合共にデータベースの精度を2倍に向上することにより誤差が約50%減少することが確認出来る。このことからデータベースの精度を向上させることにより誤差が減少することが確認できる。全体的な傾向としては応力集中部である円孔上端部で誤差が最大となり周辺部に近づくにつれて誤差が小さくなる。この理由としては塑性計算の実行回数が多いため誤差が蓄積するものと考えられるが現在調査中である。

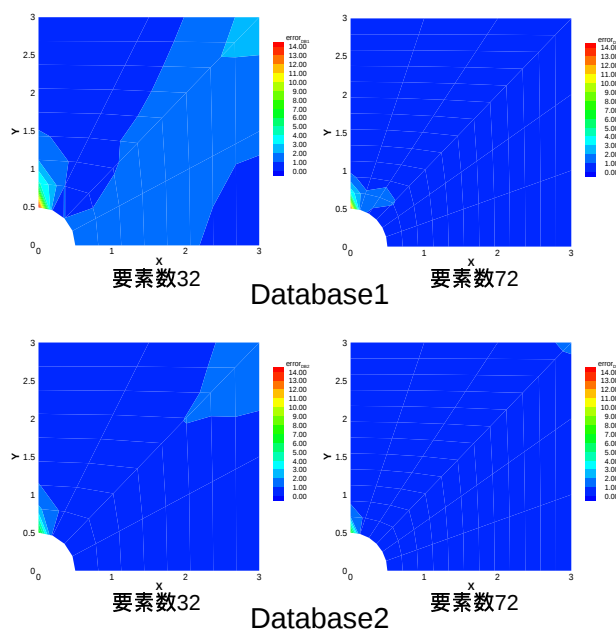


図4. データベース精度による誤差の比較

6. まとめ

本研究ではデータベースの精度の向上によって解析誤差が縮小することが確認出来た。より高精度なデータベースを用いることにより解析精度の向上が可能であると考えられる。また精度の高い構成則データベースを実験から作成することにより構成則未知の材料について精度の高い構造解析が行えると考えられる。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 三好俊郎著: 有限要素法入門 改訂版, 培風館,1994