

東京工業大学 学生員 阿部 真人
 東京工業大学 正 員 吉田 裕
 東京工業大学 正 員 野村 卓史

1. はじめに

近年のマイクロコンピュータの普及には目を見張るものがあるが、その性能も非常に向上して、これによって実用的な構造解析もできる程になっている。

マイクロコンピュータと称されるクラスの計算機システムにも、その性能、大きさの面で種類が幅広く存在するが、本論では、容量が256kBの最も小型なクラスに属するマイクロコンピュータを中心として、ハードディスク、フロッピーディスク2基、およびプリンタ、XYプロッタ等の周辺機器によって構成されたマイクロコンピュータシステムを用いて、平面骨組構造の弾塑性、大変形解析を実行するために行った、二、三の検討事項、構成した解析システムについて報告するものである。

2. 対象とする構造非線形問題の解法

a. 幾何的非線形性の評価法

ここでは、増分計算を前提として誘導した、つぎのような部材増分つり合い方程式⁽¹⁾に基づいて解析を行う。

$$f_{(m)} = T_{(m+1)}^T K^* T_{(m+1)} G(\Delta u + \Delta r) + T_{(m+1)}^T K^* \Delta T G x_m' + \Delta T^T f_{(m)}^* \quad (1)$$

ここに、 $f_{(m)}$ は節点力、 $T_{(m)}$ は座標変換マトリクス、 K^* は部材剛性マトリクス、 G は部材の第1節点を基準とした量に変換するためのマトリクス、 Δu は変位増分、 Δr は剛体回転量増分、 x_m' は節点の座標および回転変位から剛体回転を除いた量からなるベクトルであり、添字 n は第 n 増分段階の量を、 $*$ は部材座標系における量を表す。

ここに、 $T_{(m+1)}$ 、 ΔT 、 Δr は Δu が定まった後に求められる量であり、この式は、 Δu に関して非線形な方程式となっている。この式をつぎのようにして解き、増分後の解を求める。

第1、第2近似解を求める段階では、 $T_{(m+1)}$ は増分前あるいは第1近似解を用いて近似し、 ΔT 、 Δr を線形化することにより Δu に関する線形な方程式とする。それらを重ね合わせて構造系全体の方程式を構成し、これを解くことにより、近似解を求める。

第3近似以降は、 $T_{(m+1)}$ 、 ΔT 、 Δr のいずれも1つ前の近似点の座標により近似して、これを解く過程を十分収束するまで繰り返して行う。

b. 材料非線形性の評価法

つぎのように、材料非線形性の評価を行う⁽²⁾。

各部材を、図1のような小要素に分割する。節点力増分と力のつり合い条件を満たすように、各小要素の midpoint での直応力増分、せん断力増分を求める。それらの増分段階までの総和として得られる、直応力、せん断応力を用いて、降伏判定を行う。

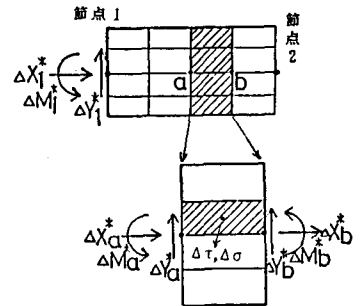


図-1

3. マイクロコンピュータの利用を前提としたプログラム化に関する二、三の検討

a. 連立一次方程式の解法

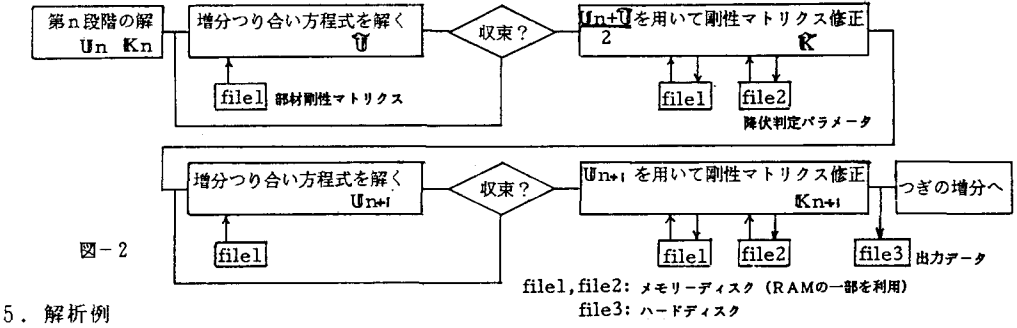
本解析法では、繰り返し連立一次方程式を解くことが必要となる。したがって連立方程式の解法には、演算時間の観点からここでは、演算回数の確定できる消去法を採用し、対称な方程式の場合にはコレスキー法を、非対称な方程式の場合にはクラウト法を用いることにした。さらに容量の節約のためにスカイライン法を採用した。

b. プログラム言語の選択

本解析システムを構成するにあたり、BASICとFORTRANの2種類の言語を比較検討したが、ここで対象とした計算機システムで用いているBASICは、コンパイラを使用していないこともあり、FORTRANに対して数倍、場合によっては十倍もの演算時間がかかることが分り、ここではFORTRANを用いることにした。

4. 構成した解析システム

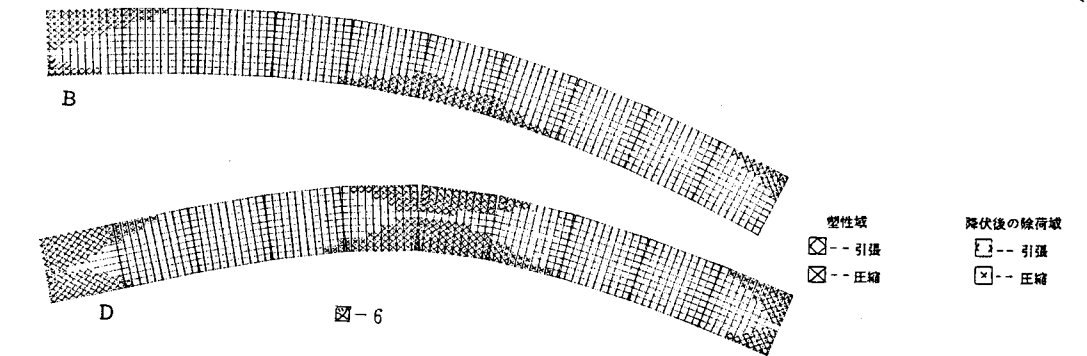
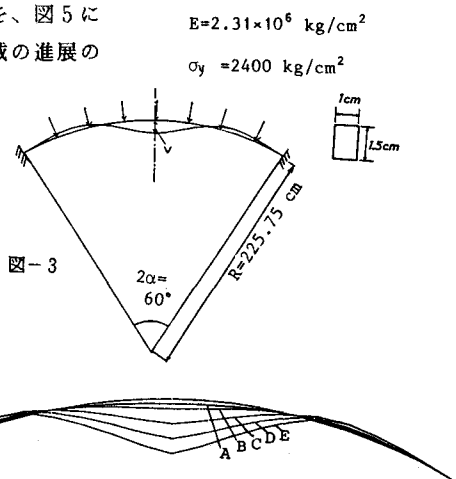
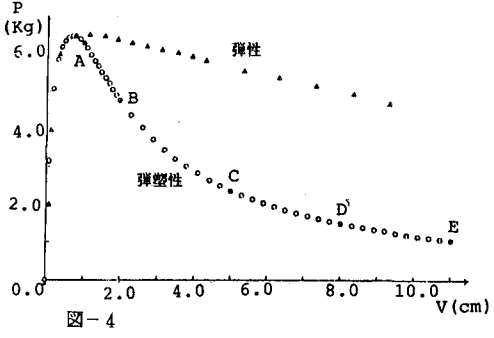
解析システムのフローチャートおよび外部ファイルとのデータの授受は、つぎのようなものである。



5. 解析例

構成した解析システムを用いて、図3に示すような両端固定のアーチに、等分布外圧がかかった場合の解析を行った結果を以下に示す。ここでは、対称性を考慮して、構造の右半分について10部材に分割している。材料非線形の場合には、さらに各部材を10×10の小要素に分割して弾塑性評価を行っている。

図4に、弾性、弾塑性の各場合についての荷重～変位曲線を、図5に図4におけるA～Eの点に対応する変形図を、図6には塑性域の進展の様子を示す。



参考文献
吉田 他：立体骨組構造の増分つり合い方程式とその解法，土木学会論文集，No. 300，1980
吉田 他：平面骨組の部材内局所的降伏判定法とこれによる大変形解析，第34回応力連合論文集，pp113～114，1984