

II-11 汎用有限要素法解析支援システムの構築について

東電ソフトウェア(株) 正員 ○御宿和彦
同 上 正員 高橋良典

1. はじめに

近年、パソコンの高性能化、廉価化、及び普及により、企業においてもパソコンを活用しての業務効率化が進められている。従来大型計算機やEWSで行っていた有限要素法解析(FEM解析)などもパソコンで行うことが可能となり、身近な操作性が優れたパソコン上でFEM解析を行いたい、というニーズが強まってきている。

ここでは、PC(Windows環境)で稼働する汎用有限要素法解析支援システム(プリ・ポストプロセッサ)を、FEM利用環境の向上を目指し、新たに開発したので紹介する。

2. システムの概要

トンネル掘削や地下発電所、火力発電所、地中線、鉄塔などの建設において、設備の近接施工の影響評価、トンネルの覆工コンクリート応力計算、地中線工事での推進工法影響検討などにおいて、FEM解析を利用している。

本システムはこれらを支援するシステムであり、FEMモデルを生成するプリプロセッサ、ソルバー、解析結果の評価支援をするポストプロセッサ、及びプリ・ポストプロセッサとソルバー間のデータを変換するインターフェイスプログラムで構成される。図1に処理フローを示す。

ソルバーは市販のものを利用し、ソルバーごとにインターフェイスプログラムを用意することで複数のソルバーに対応可能となっている。

ソルバーが大型汎用機やEWSなどで稼働する場合には、ユーザがパソコン、ネットワークなどを意識することなく利用可能な環境を構築することが可能である。

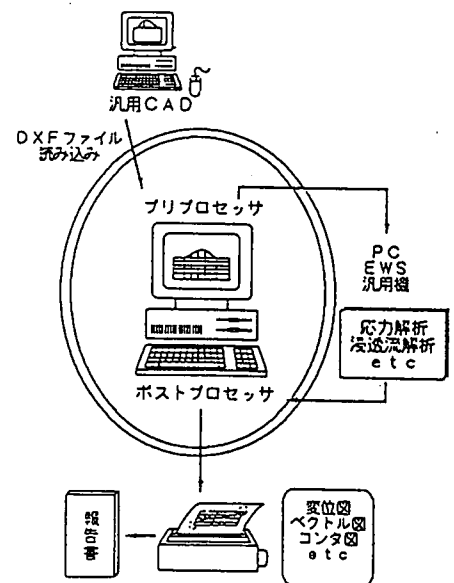


図1 処理フロー

3. システムの稼働環境

本システムはPC-98シリーズ、AT互換機(DOS/V機)のPC(パーソナルコンピュータ)で稼働し、Windows 3.1 + Win32s、Windows NT、Windows 95の各OSで稼働するようにした。CPUはi486DX33MHz以上、メモリは16MB以上(Windows NTの場合は32MB以上)、表示解像度は640×480ドット以上を、また、ハードディスクは稼働時には約50MB程度以上の空き容量で稼働することを目標に設計開発されている。

4. システムの開発について

開発言語はMS-DOSとの親和性が高いVisual C++を使用した。

マンマシンインターフェイス、グラフィックドライバーの各部分については、今後の拡張性（3次元要素対応、3次元グラフィックライブラリー（OpenGL）対応など）を考慮し、独自のインターフェイスツールを構築した。

5. FEMモデルの作成機能

FEMモデルはプリプロセッサ部で作成・修正する。

要素は、最初のバージョンでは利用頻度の高い2次元要素までをサポートさせることとした。1次元では、梁、トラス、バネ、軸対称シェル、2次元では、3角形、4角形、それにジョイントの各要素を取り扱えることとした。

FEMモデルの作成手順は、先ず、簡易CAD機能により輪郭形状を作成する。このとき他のCADシステムから提供されるDXFファイルフォーマットのデータを読み込み、輪郭形状として利用することも可能とした。この輪郭形状から要素を生成するための閉領域を自動認識させ、面として生成できるものとした。

これら輪郭形状のラインや面に対し、物性値、拘束、及び荷重などの解析条件の設定を行った後、要素境界の分割数を設定し、要素自動生成を指示するとFEMモデルを構成する節点・要素を自動的に生成する。この時、輪郭形状に設定した解析条件は自動的に節点・要素に付加される。このように、細かな節点や要素を意識しなくともモデルの生成を可能とした。また、別の手段として前記のような面を定義しなくとも、輪郭形状を指示することによって任意の領域内の要素の生成を可能とし、解析条件を節点・要素の生成後に付加することも可能となるよう開発した。

荷重・拘束・物性値などの各解析条件は、本システムが備えているユーザカスタマイズ機能を利用し各ソルバーに合わせて条件の設定を可能とした。

このような初心者のみならず熟練者にも対応できるモデル作成機能を用意し、難しいと言われているFEMモデルの作成支援を効率よく実施できることを目的に本システムを開発した。

図2に1番目の方法によるFEMモデル作成手順を示す。

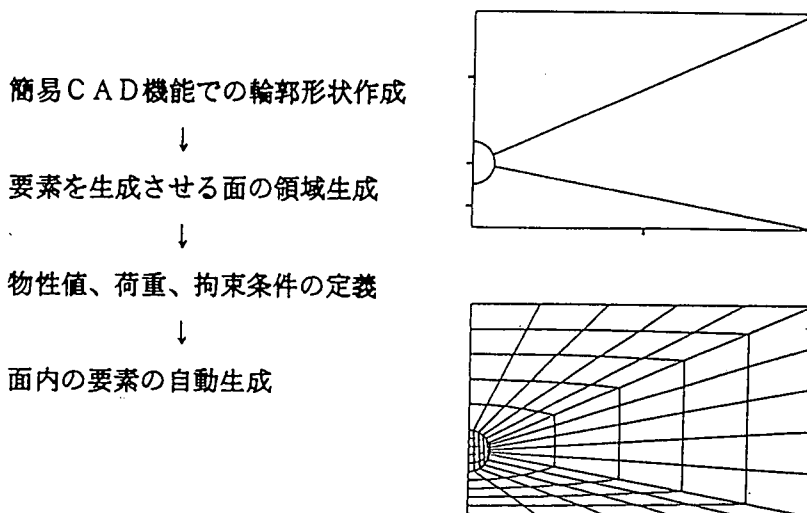


図2 FEMモデル作成手順

6. 解析結果の評価機能

ソルバーの解析結果の評価はポストプロセッサ部で行う。主な機能として、図化、グラフ出力、リスト出力の各機能を実現した。図化機能では、変位図、コンター図、ベクトル図、数値図の画面出力を可能とした。グラフ出力機能では、単成分、2成分での各成分グラフ表示や、履歴グラフ表示機能を実現した。リスト出力機能では、各指定成分のリスト、最大値・最小値のリスト出力機能を用意した。またリスト出力結果より、表計算ソフトで読める形式のファイルを作成させることも可能とした。

ポストプロセッサでは、解析結果を表示させる前に、出力指定成分名、ステップ番号、ケース番号を選択可能とし、図などを画面出力した後、次の成分、ステップなどの図を順次出力させることができるようにした。

また、マルチウィンドウ表示機能を利用することにより、他ステップや他ケースなどの結果を並べて比較表示することを可能とした。

図3は、水路トンネルの覆工コンクリート応力計算モデルでの、最大主応力の成分グラフ、濃淡図のマルチウィンドウ表示例である。

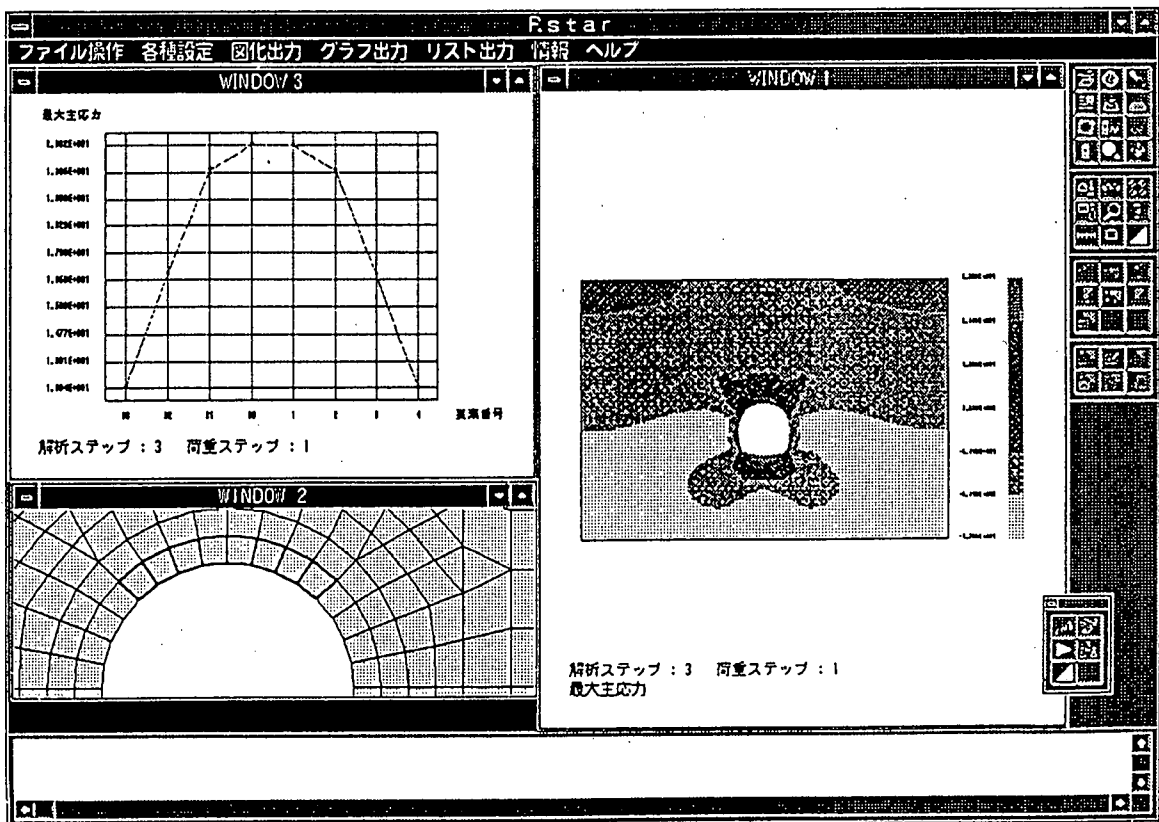


図3 マルチウィンドウ表示例 (最大主応力の成分グラフ・濃淡図)

7. カスタマイズ機能

本システムのユーザカスタマイズ機能として、プリプロセッサではシステム独自のユーザ言語を利用した解析条件設定、ポストプロセッサでは、解析結果出力成分の変更を可能とした。また、リスタートコマンドプロシジャ-の利用を可能とした。

ユーザ言語は、プログラムを変更せずにシステムを制御できる、BASICやFORTRAN言語に似たシステム独自の言語を用意した。

機能としては、テーブル形式の入力、多岐選択、IF～THENルール、各種計算機能などを備えている。荷重条件、拘束条件、物性値の設定などはこの言語で記述されできるようにし、ユーザに解放することで、ユーザは用途に合わせて修正して利用することを可能とした。

これらのカスタマイズ機能は、複数ソルバーへの対応、ユーザのノウハウの蓄積、モデル作成時間の短縮を可能とするため組み込んだ。

図4は物性値のユーザ言語による設定例を、また、図5はプリプロセッサから要求される物性値データ入力要求画面例を示す。

```
*****
: 線形弾性モデル-等方性材料 材料タイプNo. 11
*****
label labell1
  calc ?lval = 1
  select 3 'J' 等方性材料 (材料タイプNo. 11) 入力タイプを入力してください。 'E' ?lval
    'J' 入力タイプ 0: ヤング率/ポアソン比 'E'
    'J' 入力タイプ 1: 体積弾性係数/せん断弾性係数 'E'
    'J' 入力タイプ 2: せん断弾性係数/ポアソン比 'E'

  if ?lval eq 1
    goto labl10
  if ?lval eq 2
    goto labl11
  if ?lval eq 3
    goto labl12
  goto labl11

label labl10
  table 2 'J' 値を入力して下さい。 'E'
  ?rhoenl 'J' 1. E (ヤング率) 'E'
  ?rhoenl 'J' 2. ν (ポアソン比) 'E'
  goto writell
```

図4 物性値のユーザ言語による設定例

等方性材料 (材料タイプNo. 11) 入力タイプを入力してください。

☒ 入力タイプ 0: ヤング率/ポアソン比
 ☐ 入力タイプ 1: 体積弾性係数/せん断弾性係数
 ☐ 入力タイプ 2: せん断弾性係数/ポアソン比

確定

値を入力して下さい。

1. E (ヤング率)

0.000000

2. ν (ポアソン比)

0.000000

確定

戻る

図5 物性値データ入力要求画面例

8. おわりに

以上の通り、本システムは、今までのEWSや大型汎用機で行われていた有限要素法解析プリ・ポスト処理を、世の中に広まりつつあるパソコン環境で、安価かつ快適に操作可能とするようユーザに求められ開発したシステムである。社内で実運用を開始したばかりであるが、業務用PCとの共用が可能で特別なハード・ソフトがなくとも解析が可能と好評である。

今後の開発予定としては、3次元への機能拡張、複数市販ソルバー対応インターフェイスの開発、また、Windows NT版でのグラフィックライブラリー(OpenGL)を利用した3次元グラフィックス表示などの機能追加やソフト販売などを計画している。