

動的解析学習支援プログラムの開発

佐賀大学理工学部 学生員 ○松田 ひとみ 正会員 荒牧 軍治
正会員 古賀 浩二 学生員 今村 敬

1. 目的

阪神・淡路大震災以降、地震工学の重要性が再確認され土木学会を中心に土木系学科に「地震工学」を必修化するよう勧告するとの動きがある。「地震工学」を短時間に習得するためには、動的解析の基本となる固有振動数、固有振動型、振動型の重ね合わせ（モーダルアナリシス）、多質点系の直接積分法、応答スペクトル法などの概念を理解するための学習支援ソフトの開発が望まれる。学習者が現象を容易に理解するためには、計算例を多く取り扱うと同時に、現象を視覚的に理解できることが重要である。Visual Basic はヒューマンインターフェイス特性に優れた言語であり、ビジュアルなソフトを容易に作成することができる。本研究は、Visual Basic の持つ特性を生かしつつ動的解析学習支援ソフトの開発を行うものである。

2. 学習支援ソフトとしての工夫点

- ①直接積分法、モーダルアナリシス、応答スペクトル法により応答計算を行い、それぞれの方法の特性を理解する。
- ②固有振動型、時刻歴応答、応答スペクトル図、アニメーション等の図化機能を充実する。
- ③数値実験が容易なように、入力は全て対話型で行えるよう工夫し、またファイルからの入力も可能とする。

3. 本プログラムの説明

(1) 計算の流れ

- ①質量マトリックスを $[L][L]^T$ 分解し、更に $[L]$ を $[L][U]$ 分解することで $[L]^{-1}$ を求め、 $[L]^{-1}[K][L]$ の対称行列の形にして householder 法、QL 法を用い固有値、固有ベクトルを求める。
- ②減衰定数 h 、固有円振動数 ω 、刺激係数 β などモードの重ね合わせの原理に用いる諸定数を準備する。

$$(2h\omega = [C]/[M], \omega^2 = [K]/[M], -\beta = [M]/[M])$$
- ③Newmark's β 法により不規則外力を受ける 1 質点系の応答計算を行う。
- ④多自由度系の振動方程式を、直接積分法を用いて時刻歴解析を行い、モーダルアナリシスで求めた解と比較する。
- ⑤スペクトル応答法で最大値を求め③④の結果と比較する。

(2) 実行画面の説明

- ①マトリックスの形で初期値（質量、剛性）を入力。今回は減衰を $[C] = \beta[M] + \alpha[K]$ の比例減衰と仮定し、質量行列 $[M]$ 、剛性行列 $[K]$ から減衰行列 $[C]$ を求めた。係数 α 、 β は任意に入力可能とし、次の画面で算出される減衰定数 h の値を見ながら係数 α 、 β を再入力することもできる。（図 1 参照）

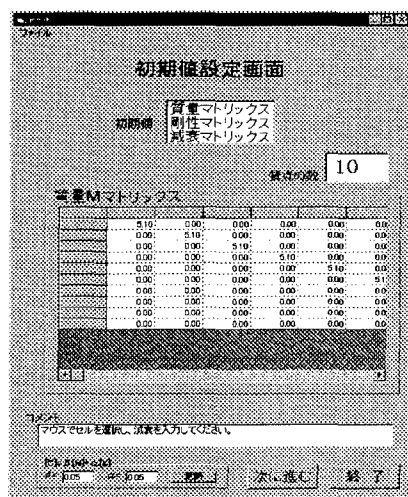


図 1 初期値設定画面

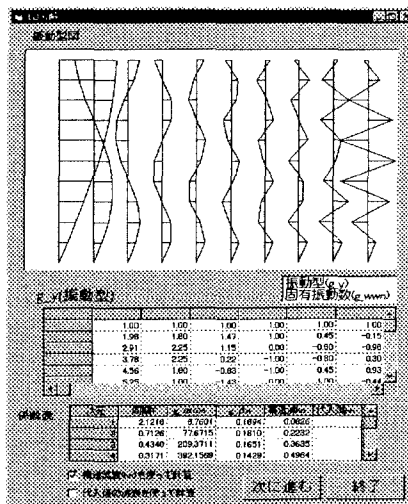


図 2 固有振動数・振動型

- ②固有振動数及び振動型をビジュアル化し表現する。また、減衰定数は、係数 α 、 β から導く方法の他に、チェックボックス設定によって直接入力も可能とした。(図2参照)
- ③地震加速度はファイルからの入力により任意に地震波を代入することも可能とした。
- ④モーダルアナリシス法をによる1質点系応答計算時刻歴応答グラフを表示する。(図3参照)
- ⑤多質点系振動方程式を用いた直接積分法による時刻歴応答グラフを表示する。
- ⑥モーダルアナリシス法を用いた応答スペクトル解析による最大応答値を算出する。代入地震波による加速度応答スペクトルグラフ上で減衰定数と周期を指定することによりスペクトル値を取り出し可能とした。(実行時画面のグラフにフォーカスを当てると点が割り出され、実行時におけるグラフの値の取得が可能。図4参照)
- ⑦時刻歴応答に合わせて図を振動させることで、振動による構造物の変位をイメージ(アニメーション)で直感的に理解することができるようにした。(図5参照)

4. あとがき

以上のプログラムを用いることで、動的解析に必要な固有値、振動型、振動解析法、応答スペクトル、時刻歴応答解析などをビジュアルに触れることができ、学習者が現象を容易に理解するための助けとなると考えられる。また、振動解析の分野はなかなか現実に実験できるものではなく、解析ソフトを作りイメージーションを育てることは、大切なことだと思われる。本プログラムにおいては、3通りの方法を用いてゆれ幅を比較することにより、理論ではなかなか求められない減衰マトリックスについてより適切なものを実験的に代入し、試してみることができるようになった。

現在、曲げ系構造物、地盤一基礎系構造物についての学習支援ソフトの開発を継続的に行っている。

5. 参考文献

- 1) 小坪清真：土木振動学（森北出版）
- 2) 長松 昭男：モード解析（培風館出版）
- 3) 鷺津 久一郎・宮本 博・山田 嘉昭・山本 善之・川井忠彦：有限要素法ハンドブック（培風館出版）
- 4) 林 晴比古：新 Visual Basic 入門（ソフトバンク株式会社出版）

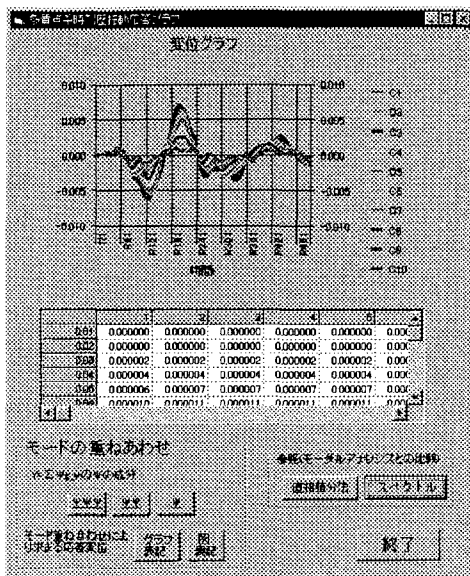


図3 時刻歴応答

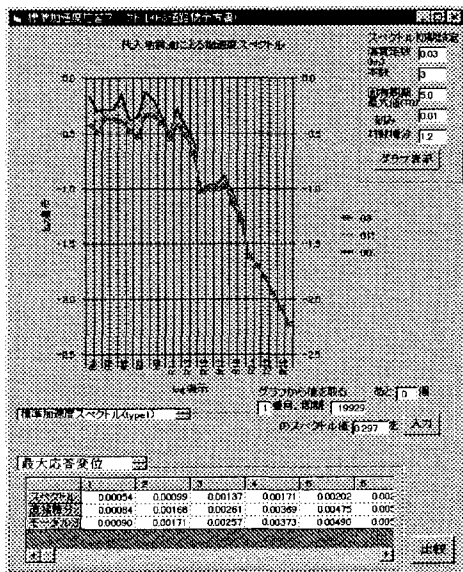


図4 地震加速度スペクトル

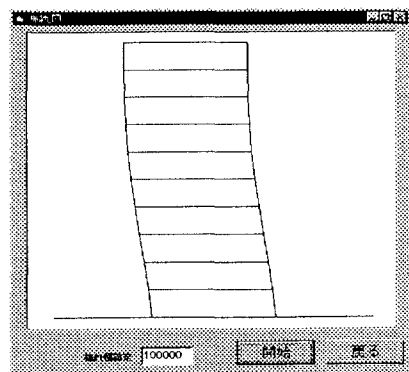


図5 アニメーション