

パソコンによる会話型入力地震波選定支援ソフトの開発

(株) 大本組 正会員 鈴木昌次

1. はじめに 従来から地震応答解析に対しては、多くの数値解析法、モデル化手法が提案され実用化しているが、入力すべき地震波を決定することは、極めて困難であり多くの労力を必要としている。これは、設計サイトにおける発生地震波の予測が現実的に極めて困難なためで、現状では、設計者の判断によって傾向の異なる数種の記録地震波を採用し、各々の応答の包絡値から定量的結論を導き出している例が多い。しかしながら膨大な計算量を必要とする地震応答解析では、不経済であり、また効率も悪い。そこで筆者は、パーソナル・コンピュータを用いて、数多くの記録地震波データの中から、設計対象サイトの条件に合い、かつ設計構造物に最大リスクを与える記録地震波を選定するための会話型入力地震波選定支援プログラムを開発したので紹介する。

2. プログラムの概要 入力地震波を選定するためのシステムでは、波形解析機能とともに、膨大な地震波データを効率よく管理するためのデータ・ベースを構築する事が重要となる。データ・ベースには、単に地震波データの諸元を保存するに留まらず、新規に入手した地震波を登録する際に、複素フーリエ係数、応答スペクトルを作成し保存しておき、特に応答スペクトルでは、以後の解析で得られた別の周期、減衰に対する結果を追加保存する事で、会話処理中の地震波解析に対する効率化を図ることができる。従って、本プログラムは、波形解析部、データ・ベース管理部、図化処理部でシステム構成をする事とした。データ・ベースで管理するデータは 1 地震波諸元(ステップ数、時間刻み、マグニチュード、震央距離、計測器等)

2 記録地点地盤データ 3. 地震波の複素フーリエ係数 4. 地震波データ(加速度、速度変位デジタル・データ) 5. 応答スペクトル、の5種であり、3個のデータ・ベース・ファイルに格納されている。なおデータ・ベースの検索は、個々の地震波に対して行なう事も出来るが、表題の目的より、入力した地盤データにもとづいて最も類似したものから順に指定された個数を検出できる事とした。地震波解析部では、地震波の継時変化、周波数特性、応答特性等の検討、記録地震波データの計器補正、波形の修正等を行なうために、以下の処理機能を準備した。(1) フーリエ変換(FFT法) 2. 応答スペクトル解析(Nemark法, Nigam法) 3. 微分・積分計算(フーリエ変換法、線形加速度法⁽⁴⁾) 4. フィルター処理(Caltec, Band pass) 5. スペクトル解析(フーリエ・スペクトル、パワー・スペクトル、自己相関関数) 6. ウィンドウ処理(Parzen, Hanning, Hamming) 7. 地震波強度特性解析⁽³⁾ 8. 最大応答指標値の算定 9. 最小二乗法によるトレンドの除去

3. 最大応答指標値の定義 テータ・ベースより検索された数種の地震波から設計構造物に最大リスクを与える地震波を選定するために地震波の特性を調べるが、最終的な判断の材料として応答性能を検討するために最大応答指標値 ϕ を定義した。いま複数の地震波に対する構造物の応答の大小関係のみを構造系全体でとらえようとすれば、基準化応答スペクトル $S(T_i)$ が、入力地震波の応答倍率であり、構造系の応答関数が、刺激係数 $\beta(T_i)$ で与えられると考える事で構造系 i 次モードでの応答は、 $\xi_i = \beta(T_i) \cdot S(T_i)$ とする事ができる。構造系の各次モード間の相関は十分小さいものとすれば、系全体の応答の程度を表わす指標値 ϕ は、各モードの応答の二乗平均値として定義できる。また ϕ は結果的に、多自由度系のスペクトル応答解析における最大応答変位を表わす(4)式に対してモード・ベクトルを単位ベクトルとした場合に対応する事が分かった。(1),(2),(3)式は各々、変位、速度、加速度の最大応答指標値を示す。

$$\phi = \sqrt{\sum_{i=1}^n \{|\beta(T_i)| \cdot S_D(T_i)\}^2} \quad (1) \quad \dot{\phi} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \{|\beta(T_i)| \cdot S_V(T_i)\}^2} \quad (2)$$

$$\ddot{\phi} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \{|\beta(T_i)| \cdot S_A(T_i)\}^2} \quad (3)$$

$S_D(T_i)$, $S_V(T_i)$, $S_A(T_i)$: 構造物周期 T_i に対する基準化応答変位スペクトル、基準化応答速度スペクトル、基準化応答加速度スペクトル。 $\beta(T_i)$: i 次モードの刺激係数。 n : 考慮するモード次数。

$$U_{k, \max} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \{X_{ik} \cdot 1/\omega_i \sqrt{1-h_i} \cdot |\beta_i| \cdot S_{vv}(\omega_i)\}^2} \quad \text{--- (4)}$$

X_{ik} : 1 次の k 自由度に対するモード・ベクトル。 ω_i : i 次の固有円振動数。 h_i : i 次のモーダル減衰値。 $S_{vv}(\omega_i)$: 速度応答スペクトル。

4. 入力地震波選定のステップ 本プログラムによって入力地震波を選定するステップを、図-1のフローチャートに示す。

- STEP. 1 新規の地震波データがある場合、応答スペクトル、複素フーリエ係数、積分波形等を作成し、データ・ベースに登録する。
- STEP. 2 設計サイトもしくはサイト周辺の地盤条件を入力し、地盤条件の適合する記録地震波を検索する。この時、プログラムは、データ・ベースが保有する範囲内で地震波を検出するので、保有地震波数によっては、大きくばらつく事があるので注意を要する。
- STEP. 3 STEP. 2で検出した地震波に対し、周波数特性を調べる事で地震波の卓越周期、周波数の分布状況等が把握できる。
- STEP. 4 応答スペクトル、構造物の固有周期、刺激係数より最大応答指標値 ϕ を求め、STEP. 3の結果を合わせ比較することで、構造物に最大リスクを与える地震波が選定できる。
- STEP. 5 選出した地震波データを、データ・ベースより取りだし入力用地震波として登録する。

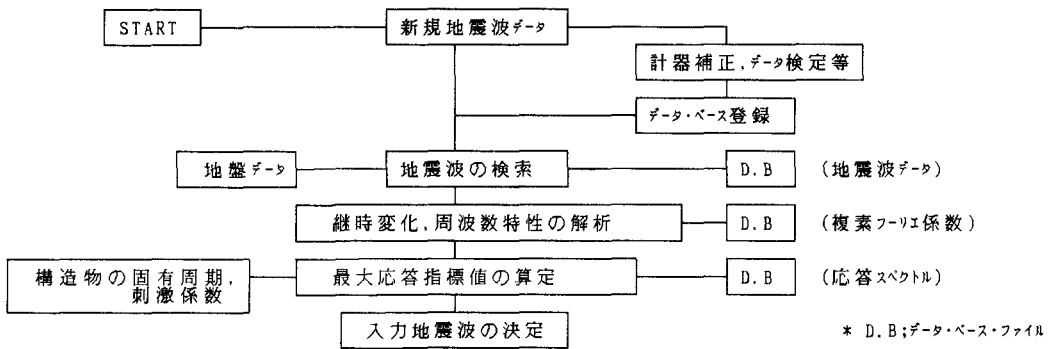


図-1 入力地震波選定までのフロー

5. 結語 本文では、地震応答解析の準備段階における多くの繁雑な作業のうちの一つである入力地震波の選定の効率化を目的とした、パーソナル・コンピュータによる会話型入力地震波選定支援プログラムの開発について紹介した。応答解析における入力地震波の作成、推定、選定に関しては多くの詳細な検討がなされているが、現時点では、記録地震波を用いるのが一般的であり、また一事業所が保有することのできる地震波データ数にも限りがある事等を考慮すると、パーソナル・コンピュータ使用による簡便性、即時性等もあわせて、実用上問題の無い機能を有していると思われる。尚、本プログラムは、図化処理部を除き、フォートランで記述しており、解析に必要とした時間は、PC9801Eを用いて、ステップ数2500、時間刻み0.02秒の地震波データで、フーリエ変換に約8分、応答スペクトル計算(176周期、減衰1)に約120分を必要とした。なお会話処理中は、データ・ベースより上記結果を得ており、フーリエ・スペクトル、応答指標値等の計算は、数十秒で終了している。

参考文献 :1「地震動のスペクトル解析入門」大崎順彦(鹿島出版会);2.統計ライブラリー「スペクトル解析」日野幹雄(朝倉書店);3.「動的解析用地震加速度波の予測」星谷他(第6回日本地震工学シンポジウム梗概集);4.「CORRECTION OF EARTHQUAKE ACCELEROGRAM」Yorihiko Ohsaki(Research report 72-01 Department of architecture, Faculty of engineering University of Tokyo 1972);5.「強振記録の補正効果を考慮した地震動パラメータの統計的性質」後藤他(第5回日本地震工学シンポジウム梗概集);6.「INTEGRATION OF STRONG-MOTION ACCELEROGRAMS」Susumu Iai et, al(第5回日本地震工学シンポジウム梗概集);7.「ROUTINE COMPUTER PROCESSING OF STRONG-MOTION ACCELEROGRAMS」M.D. Trifnac, & V. Lee(EERL 73-03 1973)