

VI-54

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(その2)

(株) 大本組 正員 ○鈴木昌次 栗元利博

1. はじめに 現在、地震応答解析を行なう上で解析手法、モデル化手法は、非常に高度の技術が展開され、実設計においても多く導入されている。しかしながら、入力地震波に対しては、設計対象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、慣用的に傾向の異なる数種の著名地震波を採用し、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を多く見る。地震波の推定に関しても、多くの提案がなされているが、膨大なデータ量に対するハンドリングの困難さから、設計担当者が、地震応答解析の準備作業として実際に遂行するには非常に多くの労力を必要とする。筆者は、入力地震波選定の効率化を図るため、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、実際には膨大な情報量を持つ地震波解析も、データ・ベースの構築によって効率良く処理できる事もあわせて報告した⁽¹⁾。そこで、本文では、入力地震波選定の具体例と問題点について述べる。

2. プログラムの概要 本システムはその目的から、データ・ベース管理部、波形解析部、図化処理部の3部で構成し、波形解析部とデータ・ベース部の入出を頻繁に行なう事で会話処理の効率化を図っている。さらに、必要であれば、地震波のフーリエ振幅、位相角の補正による簡易的な修正地震波の作成を行なえるよう設計した。データ・ベースで管理するデータは、1. 地震波諸元、2. 記録地点地盤データ、3. 地震波の複素フーリエ係数、4. 地震波ディジタル値、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。地震波解析では、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, 2, 5, 6, 7)

1. フーリエ変換、2. 応答スペクトル解析、3. 微積分計算、4. フィルター処理、5. スペクトル解析、6. ウィンドウ処理、7. 地震波強度特性解析⁽³⁾、8. 最大応答指標値の算定⁽⁸⁾

3. 最大応答指標値の定義 入力地震波を選定する場合、地震波自身の特性以上に重要となるのが、設計構造物に対する応答特性であり、選択の判断は、設計構造物の特性を考慮したものでなければならない。そこで、構造物と入力地震波との応答性能を検討する材料として応答指標値 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るとき、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、構造系の応答特性関数が刺激係数 $B(T_i)$ で代表されると考える事で i 次モードでの応答は、 $z_i = |B(T_i)| \cdot S(T_i)$ となる。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。(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。また、結果的に ϕ は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である(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る。

$$\phi = \sqrt{\sum_{i=1}^n \{|B(T_i)| \cdot S_o(T_i)\}^2} \quad \text{---(1)} \quad \dot{\phi} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \{|B(T_i)| \cdot S_v(T_i)\}^2} \quad \text{---(2)}$$

$$\ddot{\phi} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \{|B(T_i)| \cdot S_a(T_i)\}^2} \quad \text{---(3)}$$

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

$S_o(T_i)$, $S_v(T_i)$, $S_a(T_i)$: 構造物周期 T_i に対する基準化応答変位、速度、加速度スペクトル。 $B(T_i)$: i 次モードの刺激係数。 n : 考慮するモード次数。 X_{ik} : i 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。

4. 解析例 地震波の特性が明確に表現できるように、サイト条件を無視して次の4波をサンプル波として用いる。 1. 1968年十勝沖地震の八戸港(NS)記録(以下A波という) 2. 1940年Imperial Valley地震のElcentro(NS)記録(以下B波という) 3. 1962年宮城県北地震の東北大学工学部(NS)記録(以下C波という) 4. 1978年宮城県沖地震の東北大学工学部(NS)記録(以下D波という)。対象とする設計構造物

には異なる振動特性を持つ2種(モデル1, 2)を仮定し, 入力地震波の選定を試みた。表-1に構造モデルの振動特性, 表-2に最大応答指標値, 図-1~4に時刻歴応答解析による最大応答値分布図を示す。以上の結果より, モデル1に対してはD波が加速度最大, 変位最大を与え, モデル2に対しては, B波が加速度最大, A波が変位最大を与える事が予想できる。従って, モデル2の応答解析においては, A, Bいずれを採用しても良いが, 応答加速度に着目するならばB波, 応答変位に着目するならばA波を入力地震波として採用すればよい。

表-1 構造モデルの振動特性

モード	モデル1		モデル2	
	固有周期	制振係数	固有周期	制振係数
1	0.9310	8.5784	2.4376	10.3937
2	0.2200	6.6566	0.5426	7.3203
3	0.0966	5.3258	0.2334	5.5493
4	0.0566	3.8644	0.1362	4.2045
5	0.0375	2.2114	0.0907	2.7615
6	0.0274	1.0274	0.0643	1.6409

表-2 サンプル地震波の最大応答指標値

地震波	最大応答加速度指標値		最大応答変位指標値	
	モデル1	モデル2	モデル1	モデル2
A	31.5005	25.1464	2.5481	11.2156
B	20.6965	25.4474	2.7512	7.8272
C	20.6194	19.3887	2.1945	1.9516
D	32.3736	23.2395	12.2609	9.8093

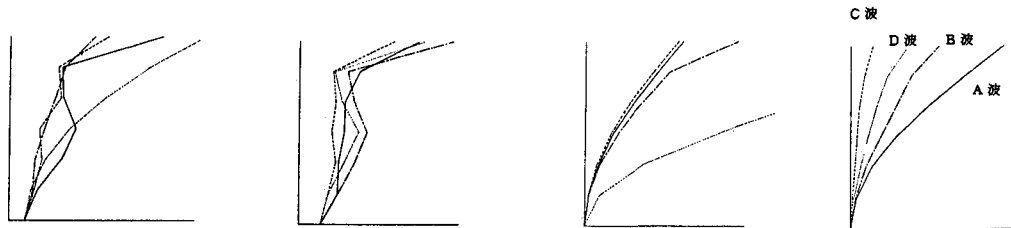


図-1 最大応答加速度分布図(モデル1) 図-2 最大応答加速度分布図(モデル2) 図-3 最大応答変位分布図(モデル1) 図-4 最大応答変位分布図(モデル2)

5. 結語 本文では, 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ソフト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, 地盤諸元データ等にも限りがある事等を考慮すると, 使用の簡便性, 即時性等もあわせて, 実用上有効であると思われる。ただし, 本プログラムで定義する最大応答指標値は線形系システムを仮定し, さらに周波数振幅特性のみを考慮しているため, 確定値を与えるものではない。従って, 対応できる応答解析は線形応答解析に限られ, さらに振幅特性以上に位相特性が, 応答に大きく影響を与えている場合を考えると, ごく類似した特性を有する地震波に対しては, 最大応答指標値のみによって応答の大小関係を推定することは, ある程度危険を伴う。より具体的な把握をするためには, 構造物の各次モードにおける相関性, 応答における位相特性等も考慮する必要があるが, この為には膨大な量の情報と, 計算量を必要とし, 簡便性, 即時性等を損なう事の無い様マシン・パワーを最大限に有効利用する工夫が必要と思われる。新規地震波のデータ・ベース登録時における解析では, 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(周期176点)に約120分を要した。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, ごく短時間で処理している。

参考文献: 1.「地震動のスペクトル解析入門」大崎(鹿島出版会); 2.統計ライブラリ「スペクトル解析」日野(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」Y.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」S.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.Trifunac, & V.Lee(EERL 73-03 1973); 8.「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」鈴木(S62土木学会中国四国支部研究発表会梗概集(投稿中))