

(5) 地震危険度解析システム<ERISA-P>の外国への適用

西松建設(株)技術研究所 正員 ○ 戸松 征夫
東京大学生産技術研究所 正員 片山 恒雄
東京大学生産技術研究所 正員 永田 茂

1. はじめに

地震危険度の評価すなわち将来発生する地震動を予測することは、被害予測、防災対策の立案などの基礎となる¹⁾。本研究の目的は、各国の研究レベルの違い、データの蓄積の違い、あるいは構造物や地盤条件の違いなどに対応して、地震危険度の総合的研究を実現するための1つのツールを提供することである。

筆者らはかつてパソコン用の地震危険度解析システム<ERISA-P>を開発した²⁾。<ERISA-P>システムは持ち運んで利用できるとはいえ、日本固有のパソコンを用い日本語の解読を要するなど、外国で利用するにはかなり不便であった。これらの点を改良して、システムを外国で利用しやすくした。

2. 世界における地震危険度解析の展開

地震危険度の解析は、世界の国々や色々な地域に視野を向けると、今もその研究事例が数多くある。世界地震工学会議(WCEE)は4年ごとに開かれており、そこで特定の国や地域に関して地震危険度や地震活動度を解析した発表を数え、第6回(1977)から第9回(1989)までの4回を合わせると74編に達する。その対象地域は28ヶ国に及び、発表件数の多い国をみると、

インド、日本、アメリカ、中国、トルコ、イラン、イラク、フィリピン、メキシコ、アルジェリア、
サウジアラビア、ソ連、カナダ、フランス、台湾、

などが挙げられる。数多くの国々につき、地震危険度を比較できる形に表したものに服部の研究がある³⁾。これはNOAAの震源データを基にして世界の地震活動帯に位置する地域をカバーし、同一の解析条件により地震危険度図を作成している。

地震危険度の解析手法に関する研究も数多い。解析をシステムの形にまとめた研究には、McGuire⁴⁾およびAnderson⁵⁾がCornell⁶⁾の理論に基づいてそれぞれEQRISKシステムを発表したものがある。スタンフォード大学のグループはSTASHA⁷⁾およびIRAS⁸⁾システムを開発した。著者らは日本の地震環境に適合させた大型計算機用の<ERISA-G>システムを1984年に発表し⁹⁾、その後これをパソコンに移植した。

3. <ERISA-P>システム機能の概要

<ERISA-P>システムは過去の地震発生データを基に、特定の地点において地震危険度を分析するためのツールである。過去のデータを分析することにより、解析結果を目的に応じて46種類の図から選択して表示したりプリントできる。構造物や地域を想定して、その耐震設計や被害予測などに関する情報を導くことを意図している。以下に機能を説明しながら図を一緒に示すが、実際に解析する時にはシステムが解析部とグラフィックス部に分かれているため、図は解析を終わった後に表示される。

インドを例にして<ERISA-P>システムの機能を紹介する。システムを起動させると、図1の画面が最

```
-----  
SEISMIC RISK ANALYSIS < E R I S A - P >  
Ver. 1.3E (1991.2) Katayama Lab.  
-----
```

```
PLEASE INPUT THE SITE PARAMETERS. (AND PRESS ENTER KEY)  
(1) LAT 28.70 (N) LONG 77.20 (E)  
( 0->50) ( 50->100)  
(2) NAME OF SITE _NEW-DELHI (IN 18 CHARCS)  
--- PLEASE INPUT THE PARAMETERS(ENTER FOR IMPLICIT VALUES)  
(3) RADIUS FROM SITE 800.0 (km)  
(400)  
(4) STARTING PERIOD 1920. (MIN 180AD)  
(1896)  
(5) MIN MAGNITUDE 5.0. (MIN 4.5)  
(5.0)  
  
PLEASE INPUT ? (Y/N/S) _Y_  
PRESS "S" TO EXIT TO DOS.
```

図1 <ERISA-P>システムの初期メニュー画面

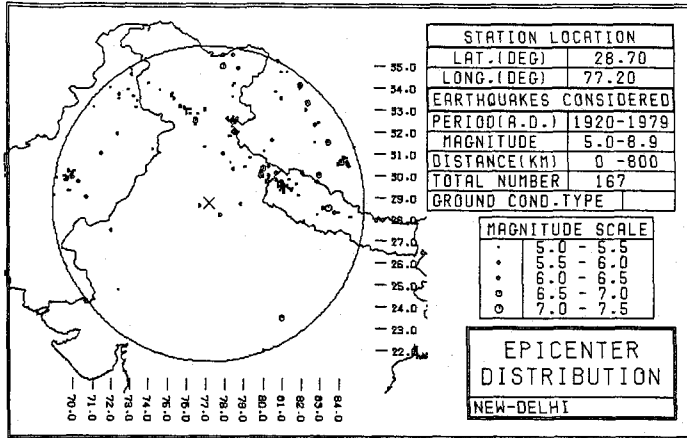


図2 ニューデリー周辺の震央分布図

初に表示されるので、この画面に従って解析地点の緯度と経度を入力する。このインド版では北緯0～50度、東経50～100度の範囲内で解析できるようにしてある。例えば、ニューデリーに着目し、その緯度を28.7度

(北緯)、経度を77.2度(東経)と入力する。次に、解析条件として震央距離半径、年代始め、およびマグニチュード下限を指定する。これら3つの条件を指定すると、あらかじめ準備した地震発生データから対象地震が選別される。インドで準備した地震発生データは、西暦1896年から1979年のマグニチュード5.0以上の地震2390個である¹⁰⁾。1920年以前のデータはそれ以降と比べてデータの出典が異なっており、地震の欠落が多いとみられる。1920年以降で、半径800km以内に起きたマグニチュード5.0以上の条件で地震を検索すると、167個の地震が選ばれる。これらの対象地震の震央位置を図2に示す。

各地震による地震動強さを計算するために、システムには既往の研究による距離減衰式を幾つか入れてある。図3はアメリカの研究者による加速度距離減衰式を選択メニューである。この他に日本の研究者による加速度式、速度に関する式、変位に関する式が準備してある。用いる距離減衰式により評価される地震動強さは異なるため、いずれの距離減衰式を用いるかにより、結果に対する評価も変えることが必要となる。距離減衰式を用いて先の167個の地震による

< ATTENUATION SELECTION MENU >
 NOW, ACC. ANALYSIS.
 SELECT NUMBER FROM BELOW OF EQUATIONS.
 (1) Donovan (1973)
 (2) Esteva & Rosenblueth (1974)
 (3) Trifunac (1976)
 (4) Cornell et al. (1979)
 (5) McGuire (1980)
 (6) Espinosa (1980)
 (7) Jovner & Boore (1981) EQUATION NO. 1---->
 (8) OWN ATTENUATION
 (9) JAPANESE ATTS.

図3 地震動加速度の距離減衰式を選択メニュー(外国の式)

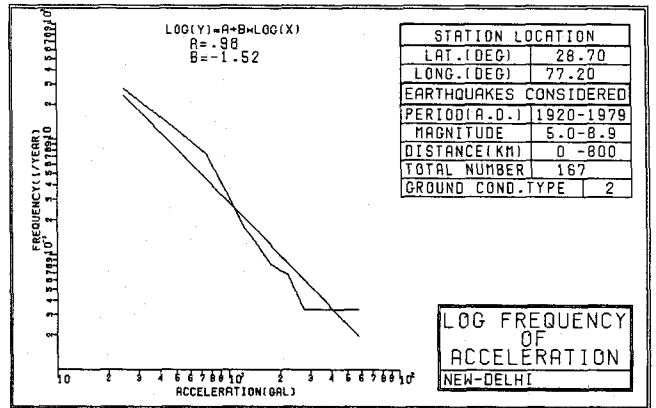


図4 地震動加速度別頻度の回帰図

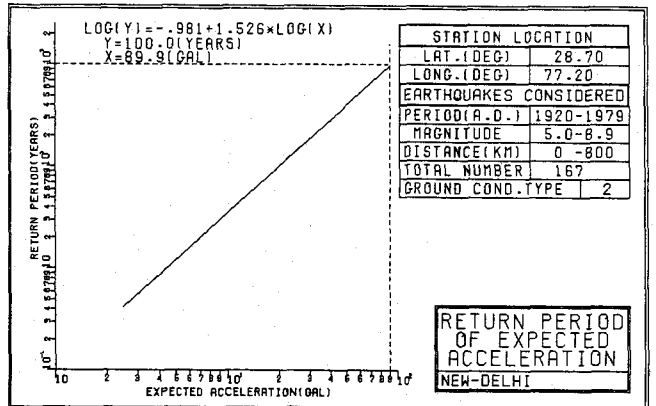


図5 地震動加速度の100年期待値図

加速度を計算し、その頻度分布を求める。その累積曲線を両対数グラフ(縦軸を年発生率)にして回帰線を図4に示す。このようにして求めた加速度の発生確率は、ニューデリー周辺における過去の地震発生状況を反映している。再現期間100年に対する加速度期待値を求めると、その期待値は90galとなる(図5)。この他に、加速度、速度、および変位に関する応答スペクトルの期待値を求める機能も持たせてある。

これまでの地震危険度解析システム<ERISA-P>は、国を変えるとソースコードを変更してプログラムを作り直す必要があり、これがかなりやっかいな作業であった。レベルアップにより、国が違って地震や地図データが変わっても容易に対応できるようになった。今回のシステムの主な改良は、具体的に次の5点である。

- (1)地震発生データを変えると、その分布範囲を自動認識する機能を付加した。
- (2)地図データを容易に取り替えられるようにした。
- (3)メッセージをすべて英語に直した。
- (4)パソコンにIBM互換機を用いた。
- (5)距離減衰式に外国で用いられる既往の式を追加した。

(1)と(2)の改良により、地震発生データと地図データを準備すれば、システムに付属するSETEQプログラムを1度実行して、国の違いに対応できるようにできるようになった。

4. <ERISA-P>システム用データの整備

<ERISA-P>システムで解析するには地震発生データと地図データを準備する作業が残されている。地震発生データと地図データは表1と同じフォーマットに合わせることが必要となる。活断層データがあれば地震との位置関係を表示するが、これがなくとも他の機能が制約されることはない。

地震発生データは、工学的な地震動強さの予測するために、地震の発生時期、発生場所、マグニチュードの3つを用いる。地震発生データは、日本では古くからの資料が整理されているように、外国でも固有の地震カタログとしてまとめられている国がある¹¹⁾。しかし、それらが統計分析のために十分な質を備えているデータであるとは限らない。もし、地震カタログがまとめられてなかったり、それが十分でない国では、NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration Environment Data service)³⁾やWWSSN(世界標準地震計観測網)¹¹⁾によるデータベースを基本にして利用することも考えられる。また、地図データを準備するには、適当な地図を入手して、デジタイザにより海岸線や国境などの点列を読み取り数値化することになる。この地図データの座標値には、緯度・経度に変換されたものを用いる。

今回のレベルアップでは、入れ物の部分をツールとしてシステムにまとめるまでとし、地震発生データや地図データを網羅しなかった。各国の研究者がシステムを利用するため、国別にそれらの作業をする方がむしろ好ましいという考え方もある。過去の地震発生データが十分に揃う地域は限られており、各国には地盤や建築物の特性の相違がある。従って、国ごとに、過去の地震発生データの不足部分を補いつつ、将来に向けて地震危険度を評価をするための過程も当然異なるであろう。これまでにシステムを対応した国には、日本およびインドの他に、中国やエクアドルなどがあり、中国の震央分布図を図6に示す。

表1 <ERISA-P>システム用データの書式

① Earthquake Occurrence Data

No. of Earthq.	Year of Earthq.	Date of Earthq.	Long. deg. x100	Lat. deg. x100	Magni. x100
(15)	(15)	(15)	(15)	(15)	(15)

--Data Sample--
 1 1885 20914208 3750 600
 2 1885 61114300 4050 690
 3 1885 61514100 3500 650

② Map Data

Flag of UD	Latitude deg. x1000	Longitude deg. x1000
(12)	(16)	(16)

* : Flag of UD must be put 2 or 3.
 2 is Down(solid line) and 3 is Up(not draw).

--Data Sample--
 3 45465141980
 2 45453141975
 2 45445141993

③ Active Fault Data

No. of Fault	Start Point of Fault		End Point of Fault	
	Long.(deg.)	Lat.(deg.)	Long.(deg.)	Lat.(deg.)
(15)	(F10.5)	(F10.5)	(F10.5)	(F10.5)

--Data Sample--
 1 145.22279 44.14549 145.21451 44.13654
 2 145.21866 44.15443 145.21037 44.14549
 3 145.18141 44.16040 145.18141 44.14549

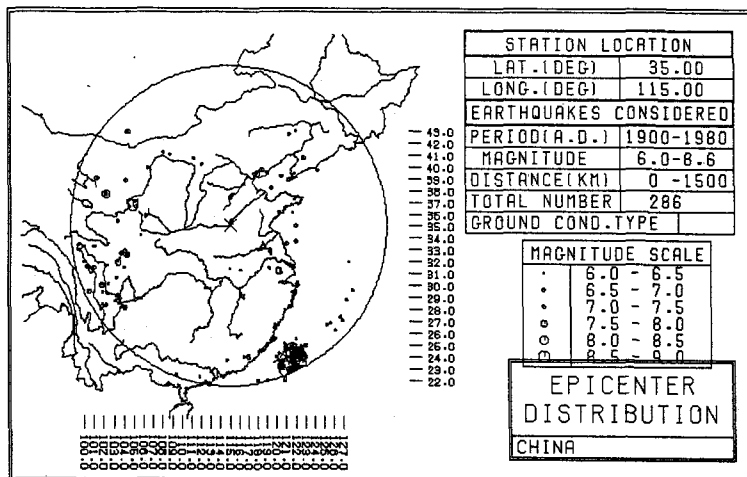


図6 中国東部における震央分布図

5. おわりに

日本は世界でも有数の地震国であり、耐震工学の技術には蓄積された研究や技術の成果がある。他方では、現在も地震災害に見舞われている開発途上国が数多くある。途上国援助に関する防災の技術移転に関しては政治的、経済的な側面もあるが、防災問題の背景には、災害を生じさせる自然現象についての深い洞察と学問的裏づけ、さらにはそれを実際に防災対策に移すためのハードおよびソフトな技術が必要である¹²⁾。それらの国で利用できるソフトな技術の1つに地震危険度解析システムがあるだろう。今回のレベルアップにより、地震発生データと地図データを準備すれば、これらの要求に対応できるようにできるようになった。各国で、地震発生データの不十分な点を補い、構造物や地盤の特性を考慮して地震危険度を評価をする過程が重要であることは従来と変わらない。現在、フィリピン、コロンビア、およびチリから問い合わせがあり、各国の研究者にツールとして提供する予定にしている。

なお、現在の新しいシステムは、東芝製パソコンJ-3100シリーズの英語DOSで動いている。しかし、IBM互換機のPC/AT型ではグラフィックス部分がうまく動作していないため、その対応策を検討している。

【文献】

- 1)日本建築学会；地震動と地盤－地盤震動シンポジウム10年の歩み－, 1983.
- 2)戸松征夫・片山恒雄；地震危険度解析システムのパソコン版<ERISA-P>の開発, 土木学会第43回年次学術講演会概要, 第I部, 38-39, 1988.
- 3)服部定育；世界地震活動地域における地震危険度Map, 建築研究報告, 建設省建築研究所, No.88, 1980.
- 4)McGuire, R. K. ; EQRISK - Evaluation of Earthquake Risk to Site, U. S. G. S. Open Report, No. 76-67, 1976.
- 5)Anderson, J. G. ; EQRISK : A Computer Program for Finding Uniform Risk Spectra of Strong Earthquake Ground Motion, U. S. C. Report, No. CE78-11, 1978.
- 6)Cornell, C. A. ; Engineering Seismic Risk Analysis, B. S. S. A., Vol. 58, 1583-1606, 1968.
- 7)Chiang, W-L., G. A. Guide, C. P. Mortgat, C. C. Schoof, H. C. Shah ; Computer Programs for Seismic Hazard Analysis -A User Manual STASHA, Blume E. E. C. Report, No. 62, 1984.
- 8)Dong, W., J. E. Kim, F. S. Wong, H. C. Shah ; A Knowledge-Based Seismic Risk Evaluation System for the Insurance and Investment Industries (IRAS), Proceedings 9WCEE, Vol. 8, 1083-1088, 1988.
- 9)戸松征夫・片山恒雄；地震危険度解析グラフィック・システム<ERISA-G>の開発, 土木学会第39回年次学術講演会概要, 第I部, 859-860, 1984.
- 10)Duggal, R. ; Estimation of Seismic Risk & Damage and Their Utilization as Design Criteria, Thesis for the Degree of Master of Engineering, University of Tokyo, 1989.
- 11)宇津徳治総編集；地震の辞典, 朝倉書店, 1987.
- 12)日本学術会議災害工学研究連絡会；国際防災の十年 災害科学研究者からの提言, 日本学術会議, 1989.