

[-14] 歴史地震を考慮に入れた地震危険度解析

東北大学 ○ 学生員 足立英明  
 東北大学 学生員 石田雅博  
 東北大学 正員 尾坂芳夫

1. はじめに

構造物の耐用期間中の地震危険度を求めるためには、地震の時間的な発生の非定常性も考慮しなければならない。鈴木ら<sup>1)</sup>は1885年以降の計器観測のデータを用い、各都市の加速度の50年最大値分布を求めた。しかし約100年間のデータでは、再現期間の長い地震を十分考慮できない。一方、計器観測以前のデータは数も少なく信頼性も低い。そこで本研究では、歴史地震をその信頼性に応じて有効に使い、地震の時間的な発生における非定常性も考慮にいった、地震加速度最大値分布の推定法を提案する。

2. 地震危険度の解析方法

(1) 震源範囲：日本に影響を及ぼすと予想される地震震源域を北緯25度～50度かつ東経125度～150度と限定し、現在の相対的な歪エネルギー蓄積状況を調べるために、この範囲を0.5度角のメッシュで区切った。

(2) 地震データ：日本付近に発生した地震のうち1600年から1988年3月までの理科年表に載っている資料を用いた。そこで、歴史地震資料の適用範囲は片山の提案<sup>2)</sup>を用い次のように定め、それ以外のデータは信頼できないとした。

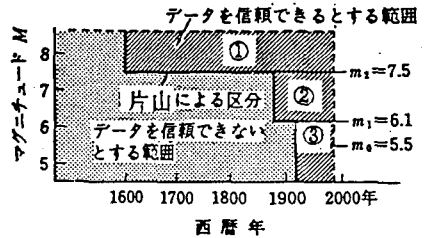


図-1 歴史地震の適用範囲

- ①  $7.5 \leq M$  (1600年以降)
- ②  $6.1 \leq M < 7.5$  (1885年以降)
- ③  $5.5 \leq M < 6.1$  (1926年以降)

(3) 断層モデル：地震が発生すると、震央を中心として、長辺と短辺の比が2:1で、断層面と水平面とのなす角が45度の長方形断層ができるとし、震央位置が北緯35度以上41度以下では断層の長辺は経線と平行となり、それ以外では長辺は緯線と平行となると仮定した。その長方形断層を水平面に投影し、それがあるメッシュにかかった面積分だけ、歪エネルギーが一樣に解放されると仮定した。断層面の面積とマグニチュードとの関係は、佐藤による提案式<sup>3)</sup>を用い、断層の長辺の長さは次式で与えることにした。

$$\log L = 0.5M - 1.88 \quad \dots \dots (1) \quad L: \text{断層の長辺の長さ [km]} \quad M: \text{マグニチュード}$$

歪エネルギー解放量は次式で示されるGutenberg and Richterの式を使用した。

$$\log E = 1.5M + 11.8 \quad \dots \dots (2) \quad E: \text{歪エネルギー解放量 [erg]} \quad M: \text{マグニチュード}$$

(4) 各メッシュのクラスター分け：1600年から1988年3月までの間にあるメッシュで解放されたエネルギーの総和量により、各メッシュを3つのクラスターに分類した。

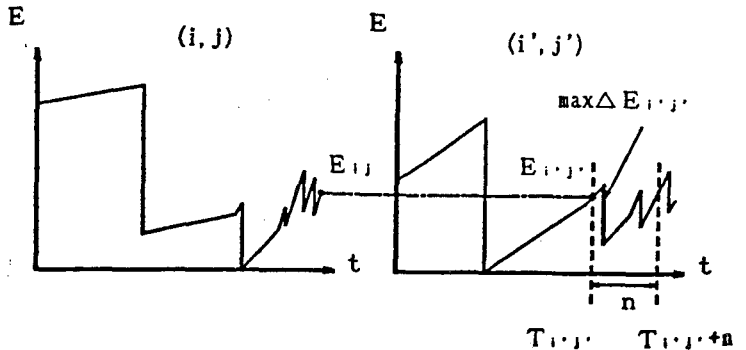


図-2 エネルギー蓄積状態の模式図

(5) 現在の歪エネルギー蓄積状態を考慮したマグニチュードの最大値の評価：図-2に模式的に示したように、まずあるメッシュ(i, j)についてのエネルギー

蓄積状態を求める。歪エネルギー進行率はデータ期間中の総エネルギー量から求めるが、(2)の区分に従い、1600年～1885年は、マグニチュード7.5以下の地震によって解放されたと思われる蓄積量を無視する。同様に1885年～1926年は6.1以下、1926年以降はマグニチュード5.5以下の地震による解放エネルギーを無視する。また約400年間に少なくとも一度は歪エネルギーがすべて解放されたものとして、歪エネルギー-時間曲線上の最小歪エネルギー蓄積量を0とする。これを基準にして、現在の相対的な歪エネルギー蓄積量 $E_{ij}$ を各メッシュ毎に求める。次に、各メッシュのマグニチュードの最大値分布を求めるにあたり、同一クラスター内の各メッシュに対してエルゴード性を仮定し、現在の歪エネルギー蓄積量 $E_{ij}$ と等しい歪エネルギー蓄積量 $E_{i'j'}$ を、同一クラスター内の他のメッシュ( $i', j'$ )の歪エネルギー-時間曲線上から探し出す。このときの時刻を $T_{i'j'}$ とし、その時点から $n$ 年間の間に地震によって解放された歪エネルギーのうちで最大のもの、すなわち $\max \Delta E_{i'j'}$ を見つけ、これを(2)式によりマグニチュードに変換する。このようなサンプルが各メッシュ( $i, j$ )に対していくつか取れ、そのサンプルをGumbel確率紙上にプロットし、マグニチュードの最大値分布を求めた。

(6) 最大加速度の最大値分布の評価：全国から3都市を選び、その都市における気象庁の地震観測所の設置位置を最大加速度計算地点とした。そして、各メッシュを点震源と仮定し、そのメッシュのマグニチュードの最大値分布の形状パラメータ、最頻値および特性最大値と次式で示される建設省が提案する標準的な地盤に対応する距離減衰式<sup>4)</sup>を用いることにより、最大加速度の最大値分布を推定した。

$$Acc_{max.} = 18.4 \cdot 10^{0.302M} \cdot \Delta^{-0.8} \dots (3)$$

$Acc_{max.}$  : 最大加速度 (gal),  $M$  : マグニチュード,  $\Delta$  : 震央距離 (km)

### 3. 解析結果および考察

本解析で得られた各都市における最大加速度の10年～200年最大値の期待値と変動係数を表-1に示した。鈴木らの結果(表-2)と比較すると、東京の期待値は鈴木らの方が大きい。これは1923年の関東大震災が、鈴木らの解析では大きな影響を持っていると思われる。また、本解析の東京の200年最大値分布の期待値が、100年最大値分布の期待値よりも小さくなった。しかし変動係数は200年最大値の方が大きいので、例えば220galの最大加速度が起こる確率は100年最大値で0.107、200年最大値で0.144となり、200年最大値分布の方が大きな加速度が発生しやすくなる。

### 4. むすび

本研究では、地震データとして1600年以降の資料を用い、地震発生の時間的な非定常性を考慮に入れた地震危険度解析手法を提案した。したがって、現時点における長期の最大加速度の最大値分布、および期待値と変動係数を求めることができ、耐震基準の基礎資料に活用できるものと思われる。

#### 【参考文献】

- 1) Suzuki, M., Chida, H., Kudou, M., and Ozaka, Y: Seismic risk analysis based on strain energy accumulation in focal region, Structural Eng./Earthquake Eng. Japan Society of Civil Engineers, Vol. 8, No. 3, pp. 49-58, 1991
- 2) 片山恒夫, 土木学会編: 動的解析と耐震設計[第1巻], 地震動・動的特性, 技報堂出版, pp. 36-39, 1989
- 3) 佐藤良輔 編: 日本の地震断層パラメータ・ハンドブック, 鹿島出版会, 1989.
- 4) 土岐憲三: 構造物の耐震解析, 新体系土木工学 11 技報堂出版株式会社, pp. 33-34, 1981.

表-1 3都市の最大加速度の最大値分布に関する期待値(gal)と変動係数(%)

	10年	50年	100年	200年
仙台	110.8	154.4	173.7	183.9
	26.1	15.6	13.0	6.4
東京	147.4	180.4	187.3	182.9
	15.9	10.4	14.1	18.8
京都	62.0	94.9	106.9	115.8
	15.5	11.2	10.2	5.6

表-2 鈴木らによる期待値(gal)と変動係数(%)

	10年	50年
仙台	127	143
	28.7	28.8
東京	189	229
	29.1	30.0
京都	87	94
	10.6	13.5