

京大工学部 正員 杉戸真太, 亀田弘行

熊谷組 正員 相川文宏 京大大学院 学生員 高山 聡

1.はじめに 我が国における歴史地震資料, および近年その整理に多大の調査研究が行われている活断層データは, 地震危険度解析を行なう上で不可欠なデータである。両者は大きく性質が異なるものの, それぞれの長所を生かして両者を組み合わせた地震危険度解析が試みられている。^{1,2)}これらの解析では, 構造物の耐用期間等を考慮した将来の50年ないし100年という有限期間内で期待される地震動強度の推定を主な目的としている。しかしながら, 地震による崩壊が社会に及ぼす影響がきわめて大きな構造物(長大橋, 原子力施設等)については, 発生確率は小さくとも起こりうる最大級の地震に対して, 構造物の致命的な被害をまぬがれるための設計を行なうことが重要である。このためには発生頻度を無視した過去における最大の地震を活断層や地震域において知ることが必要である。また, 活荷重データに基づいて線震源として与えられる地震断層に対する最大地動の分布を推定する場合, 断層の一方方向への広がりを考慮することが重要である。そこで本研究では, 従来より提案されてきた最大地動の推定式(マグニチュード M , 震央距離 Δ より最大地動を推定する式)に立脚しつつも, 線震源としての断層の形状を考慮した地震動の推定法について検討し, これを用いて我が国における陸上の活断層データに基づく過去の最強地震動を推定し, その分布図を作成した。

2. 線震源として与えられる断層に対する地震動強度分布のモデル

ある有限の広がりをもつ震源断層に対する地震動の強度の分布は, 震央を中心とする円よりは, むしろ断層の破壊方向や断層の形状に応じたものとなることは, 過去の震害例を見ても明らかである。ここでは, 線震源として与えられる断層に対する地震動強度の分布を, 断層の走向を長軸の一部とする楕円と仮定し, この楕円を確定するパラメータの決定法を検討した。その際, 断層の破壊方向が地震動強度の分布に影響を与えることは明らかであるが, 一般の活断層等でその破壊方向まで推定することは難しいため, ここでは断層両端から破壊する2つのパターンの平均的な強度分布を推定するモデルとした。図-1に示すように, 長さ L の断層の端点 E_1, E_2 から距離 ℓ_1, ℓ_2 離れた着目地点 O における最大地動は, 断層を β 倍だけ延長(もしくは縮小)した点 E'_1, E'_2 を焦点とする楕円上で等しいと仮定する。さらに, マグニチュード M , 震央距離 Δ より最大地動を推定する経験式に基づいて点 O での最大地動を推定する場合に, その等価な震央距離 Δ_e を以下の条件を満足するように決める。すなわち, 点 O を通る楕円の面積と半径 Δ_e の円の面積を等しくする。以下に工学的基盤面での最大加速度 A , 最大速度 V の推定式^{3,4)}を用いた場合の上記のモデルを示す。

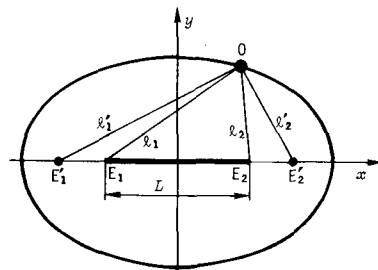


図-1 断層周辺での地震動分布モデル

図-1に示すように, 長さ L の断層の端点 E_1, E_2 から距離 ℓ_1, ℓ_2 離れた着目地点 O における最大地動は, 断層を β 倍だけ延長(もしくは縮小)した点 E'_1, E'_2 を焦点とする楕円上で等しいと仮定する。さらに, マグニチュード M , 震央距離 Δ より最大地動を推定する経験式に基づいて点 O での最大地動を推定する場合に, その等価な震央距離 Δ_e を以下の条件を満足するように決める。すなわち, 点 O を通る楕円の面積と半径 Δ_e の円の面積を等しくする。以下に工学的基盤面での最大加速度 A , 最大速度 V の推定式^{3,4)}を用いた場合の上記のモデルを示す。

(i) $\ell'_1 + \ell'_2 \geq 2a_0$ の場合

$$A = 111 \times 10^{0.534M} / (\Delta_e + 30)^{1.857} \quad (1)$$

$$V = 2.21 \times 10^{0.545M} / (\Delta_e + 30)^{1.636} \quad (2)$$

(ii) $\ell'_1 + \ell'_2 < 2a_0$ の場合 (震央域⁵⁾, $M \geq 6.0$)

$$A = 99.6 \times 10^{0.0846M} \quad (3)$$

$$V = 2.01 \times 10^{0.194M} \quad (4)$$

ただし,

$$\Delta_e = \frac{\sqrt{\ell'_1 + \ell'_2}}{2} \sqrt{(\ell'_1 + \ell'_2)^2 + (\beta L)^2}, \quad \ell'_1 = \sqrt{\ell_1^2 + \left(\frac{\beta-1}{2}L\right)^2} + \frac{\beta-1}{2}(\ell_1^2 + L^2 - \ell_2^2), \quad \ell'_2 = \sqrt{\ell_2^2 + \left(\frac{\beta-1}{2}L\right)^2} + \frac{\beta-1}{2}(\ell_2^2 + L^2 - \ell_1^2)$$

$$a_0 = \sqrt{\left\{\left(\frac{\beta L}{2}\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{\beta L}{2}\right)^4 + 4\Delta_0^4}\right\}}/2, \quad (a_0; \text{長軸の半径}), \quad \Delta_0 = 1.06 \times 10^{0.242M} - 30$$

3. 大規模地震動の予測モデル^{3,4,5)}によるパラメータ β の決定

文献3)~5)で提案したEMP-II B モデル(断層の広がりや破壊方向を考慮した工学的基盤面での非定常地震動予測モデル)を用いて、線震源として与えられる断層周辺での最大地動の分布を求め、先に示したモデルにおけるパラメータ β の最適値について検討した。図-2に、断層長さ(a) $L=20\text{km}$ および(b) $L=80\text{km}$ の場合の最大加速度の分布を示した。図中の数値は、断層の2つの典型的な破壊(case 1, 2)の場合の相乗平均である。シミュレーションで用いた地震モーメント M_0 は、(a) $M_0=3.0 \times 10^{25}$ 、(b) $M_0=1.0 \times 10^{26} \text{ dyn} \cdot \text{cm}$ であり、これより $M=6$ の地震に相当する非定常スペクトルの重ね合わせ個数は、(a) $n_g=6$ 、(b) $n_g=29$ である。断層長さ $L=10 \sim 80\text{km}$ 、破壊速度 $v_r=2.0 \sim 2.5 \text{ km/sec}$ としてシミュレーションを行い、断層近傍での最大地動分布を最も良く表現できる β の値を検討した。表-1に各最大加速度の各レベルに対して楕円形状より試算した補正係数 β の値を示した。断層長さが長く最大加速度レベルが大きいところで β による楕円形状が大きく影響を受けることより、とくにこのような条件下で最大加速度の分布を的確に表現する値として $\beta=1.6$ を得た。図-2における破線は $\beta=1.6$ の場合の式(1), (3)による値を示している。

4. 我が国における過去の最強地震動の推定とその分布

上記で提案した最大地動推定モデルを用いて、我が国における最強地震動を推定する。用いるデータは、活断層研究会⁶⁾による「日本の活断層」に記載されたデータの内耐震工学上重要と考えられるものを選んだ。各断層から発生する最大級のマグニチュード M は断層長さ L から式(5)により推定した。式(5)は文献7)のデータの内、内陸の断層に関するデータのみを用いて算定したものである。

$$M = (1.857 + \log L) / 0.461 \quad \dots\dots (5)$$

図-3にA級活断層のみを考慮した場合の我が国における最大加速度の分布図を示した。

1) Shimazaki, Wesnousky, Scholz, Matsuda, BSSA, Vol.74, No2, 1984.

2) 奥村 亀田：土木学会第39回全国大会, I-429, 1984.

3) Kameda, Sugito, Conf. on Str. Anly. and Des. of Nuc. Power Plants, Port Alegre., 1984.

4) 後藤・杉戸・亀田・齊藤・大滝, 京大防災研年報 27号, B-2, April, 1984.

5) Sugito, Kameda, submitted for publication in Proc. of JSCE, No.362/I-2, Oct., 1985.

6) 活断層研究会；「日本の活断層—分布図と資料」, 東京大学出版会, 1981.

7) Shimazaki, Wesnousky, Scholz, J. of Geoph.

Res., Vol.87, No.138, 1982. 8) Kameda, Sugito, Goto, 3rd Microz. Conf., 1982.

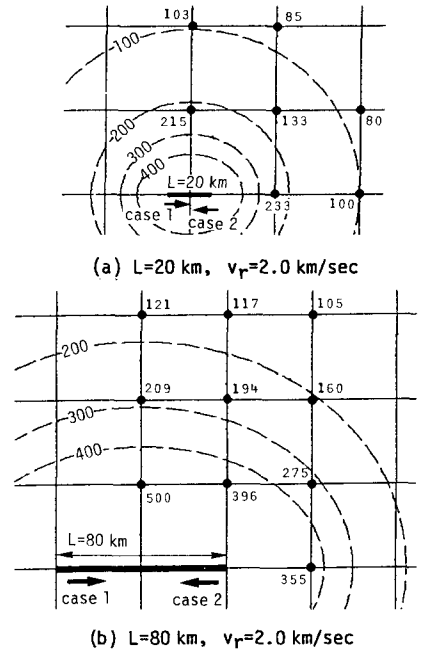


図-2 EMP-II B モデルによる地震動分布と式(1), (3)による推定値との比較

表-1 各最大加速度レベルにおいて試算される補正係数 β

A_{max} (cm/sec^2)	$L=20 \text{ km}$	$L=60 \text{ km}$	$L=80 \text{ km}$
200	1.74	2.38	1.99
300	1.85	1.95	1.65
400		1.67	1.42

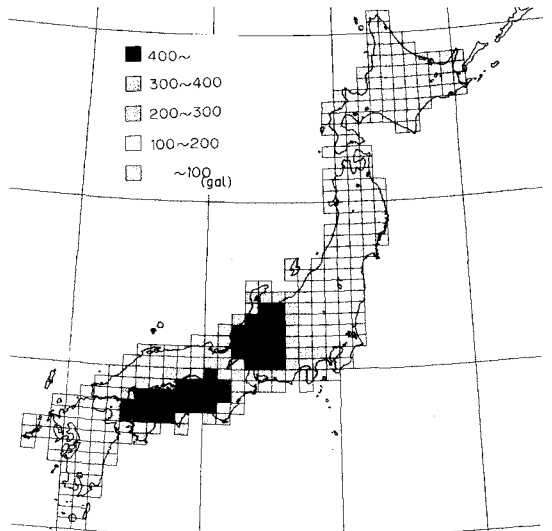


図-3 A級活断層のみを用いた場合の最大加速度の分布図