

地震動のアテニュエーション式の問題点とその改良

京都大学工学部 正員 亀田 弘行
 京都大学大学院 学生員〇恒川 裕史

1. 本研究の概要 想定された地震規模と当該地点間の距離によって地震による最大地動を推定する従来のアテニュエーション・モデルは、アテニュエーション式まわりでのデータのばらつきが大きいものが多い。これは、地震規模と伝播距離の表現法に問題があることが原因の一つと考えられる。そこで本研究では、地震動のアテニュエーション・モデルに用いるパラメーター（地震規模パラメーター、伝播距離パラメーター）についていくつかの組み合わせを考え、より精度の高い地震動予測モデルを作成することを目的とした。

2. 強震記録の選定 本研究で用いた強震記録は Kameda, Sugito and Goto¹⁾の研究で用いられた91成分の記録を基本にしている。これら91成分の強震記録はわが国の主な地震を含む346成分の強震記録から以下の条件で選ばれた。

- 1) 346成分の全強震記録に基づいた加速度のアテニュエーション式が $30\text{cm}/\text{sec}^2$ を下回らない加速度を与えるもの。
- 2) 強震記録において $30\text{cm}/\text{sec}^2$ を下回らないもの。
- 3) 沖積層または洪積層で得られたもの

3. アテニュエーション特性に関するパラメーターの選定 地震動のアテニュエーション・モデルの独立変数としては、地震規模パラメーターと伝播距離パラメーターの2種を設定する。具体的には地震規模を表すパラメーターとしてマグニチュード (M)、地震モーメント (M_0)、震源域面積 (S) の3種を考える。これは、 M が地震規模が大きくなると頭打ちになり、地震規模を正確に評価していないと考えられるため、正当に評価していると思われる M_0 , S の2つのパラメーターを新たに採用するのである。次に伝播距離パラメーターについては、震央距離 (Δ)、震央域最短距離 (R_1)、震央域中心距離 (R_2) の3種を設定した。図-1は、これらの関係を示したものである。図から解るように R_1 は観測点から震央域までの最短距離であり、 R_2 は観測点から震央域の中心までの距離である。これらのパラメーターは Δ のように震源を点として評価するのではなく、広がりのあるものとして評価できるので、地震の実体をより正確に表していることが期待できるのである。これら6種のパラメーターを種々組合せて回帰分析を行い、各パラメーターの優劣を検討した。

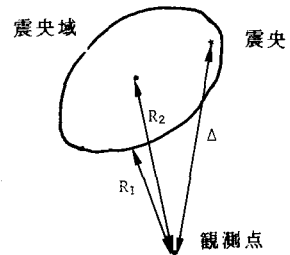


図-1 震央距離 (Δ)、震央域最短距離 (R_1) および震央域中心距離 (R_2)

4. アテニュエーション・モデル作成のための資料整理 本研究で用いた91成分の強震

記録について、マグニチュードと震央域のデータは得られているが、新しく設定したパラメーターについてはデータの収集できなかつたものも生じた。従って、以下にその処理方法を述べる。まず地震規模パラメーターについては本研究で取扱う27の地震の中で M_0, S のデータが得られたのは各々10個, 8個の地震についてであった。成分数で言えばほぼ半数である。他のデータについてはGellerの式²⁾による推定値を用いた。地震モーメント M_0 でデータが重複しているものはデータの整合性からGellerの推定値に最も近いものを採用した。また、震源域面積 S は $M > 8.76$ では誤差が非常に大きくなるので、推定値の代わりに津波の波源域面積を採用した。伝播距離パラメーターについては、その決定には断層位置の資料が必要となる。従って、a)断層モデル、b)余震域、c)津波の波源域の3種の資料を収集した。結果として、これらより断層位置を決定できるのは10個の地震についてであった。他の地震については、 $M < 6$ のものについては点震源と考へて R_1, R_2 は Δ で代用した。また、震央域の形状は楕円で近似した。

5. アテニュエーション・モデル 本研究で用いた回帰式は以下に示す通りである。

$$\log \bar{Y} = B_0 + B_1 \cdot X_1 - B_2 \cdot \log(X_2 + C) \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\log \bar{Y} = B_0 + B_1 \cdot \log X_1 - B_2 \cdot \log(X_2 + C) \quad \dots \dots \dots (2)$$

\bar{Y} : 最大地動の推定値 B_0, B_1, B_2 : 回帰係数

X_1 : 地震規模 X_2 : 伝播距離 C : 定数

各組合せでどの回帰式を採用するかは、地震規模パラメーターの特性を考慮して決定した。すなわち、マグニチュードは式(1)、地震モーメントと震源域面積は式(2)を採用した。

6. 地盤パラメーター S_n の導入と回帰分析結果 文献1)による N 値から決定される地盤パラメーター S_n によって、最大地動の補正を行った。結果として以下に示すアテニュエーション式を最適と判断した。

$$\log \bar{A}_{max} = 4.08 + 0.322 \cdot \log S - 1.38 \cdot \log(R_2 + 30) \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\log \bar{V}_{max} = -2.33 + 0.426 \cdot \log S - 1.21 \cdot \log(R_2 + 30) \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$\log \bar{D}_{max} = -1.85 + 0.508 \cdot M - 0.684 \cdot \log R_1 \quad \dots \dots \dots (5)$$

S_n による補正式を以下に示す。

$$Y = U_1 \cdot C(S_n) \cdot \bar{Y} \quad \dots \dots \dots (6)$$

U_1 : 地盤条件以外のばらつき

$$C_a(S_n) = 1.66^{S_n}, C_v(S_n) = 2.40^{S_n}, C_d(S_n) = 1.69^{S_n} \quad \dots \dots \dots (7)$$

C_a, C_v, C_d : 加速度, 速度, 変位の補正係数

新しいアテニュエーション・モデルにおけるばらつき U_1 の変動係数は加速度で0.409, 速度で0.389, 変位で0.546となった。これは、文献1)における加速度, 速度に対する変動係数0.524, 0.502よりかなり減少しており、モデルの改善の効果が見られる。

参考文献 1) Kameda, Sugito and Goto, "Microzonation and Simulation of Spatially Correlated Earthquake Motions," Third-International Earthquake Microzonation Conference, Seattle, June 28-July 1, 1982 2) Geller, R.J., "Scaling Relations for Earthquake Source Parameter and Magnitude," BSSA, Vol. 66, No. 5, 1976, pp. 1501-1523