

断層の拡がりを考慮した地震動のアテニュエーション

京都大学防災研究所 正会員 土岐憲三 佐藤忠信 清野純史

京都大学大学院 ○学生員 松岡利一

1. まえがき 本研究では、断層の破壊過程を考慮して小地震の震源スペクトルから大地震のパワースペクトルを計算し、地動の最大加速度の期待値を推定する方法論¹⁾を一般化する。そして、種々の断層パラメータの変化が最大加速度のアテニュエーション特性に及ぼす影響を明確にする。

2. 大地震の合成法とパワースペクトル 大地震時の地動は断層面上に発生する小地震の重ね合わせによって表現できると仮定する。図-1に示すような断層を考え、この断層面を n^2 個の小区域に分割し、この小区域に小地震動を対応させれば大地震動が合成できることになる。重ね合わせは入倉による手法²⁾より行った。大地震の地動を $g_L(t)$ 、小地震の地動を $g_s(t)$ とすると合成式は次のようになる。

$$g_L(t) = \sum_{\ell=1}^{n^2} \sum_{m=1}^n g_{s\ell m}(t - t_{\ell m}) \quad (1)$$

$$t_{\ell m} = (R_{\ell m} - R^*) / V_s + \sqrt{\dot{x}_\ell^2 + \eta_m^2} / V_R \quad (2)$$

$$\eta_m = (m-1) W_s \quad (m=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

$$\dot{x}_\ell = (\ell-1) L_s / n \quad (\ell=1, 2, \dots, n^2) \quad (4)$$

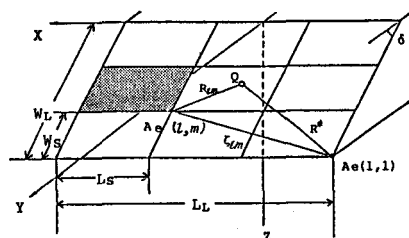


図-1 断層モデル

ここに、 W_s 、 L_s はそれぞれ小断層の幅と長さ、 V_s は媒質のせん断波速度、 V_R は破壊伝播速度を表す。したがって、式(2)右辺第一項は地震動の伝播による時間遅れ、右辺第二項は断層面上を破壊が伝播するのに要する時間による遅れを表す。

$g_s(t)$ に対するフーリエスペクトル $G_s(f)$ は実体波に対し次のように表される。

$$G_s(f) = \frac{R_{\theta\theta}}{4\pi\rho V_s^3} \cdot \frac{S(f)}{R_{\theta m}} \quad (5)$$

ここに、 ρ は媒質密度、 $R_{\theta\theta}$ はラディエーションパターン、 $S(f)$ は震源スペクトルである。したがって式(1)、(5)より大地震のパワースペクトルは次式のようになる。

$$P_L(f) = \frac{2}{T} \left\{ \sum_{\ell=1}^{n^2} \sum_{m=1}^n G_s(f) e^{-i2\pi f t_{\ell m}} \right\} \left\{ \sum_{\ell=1}^{n^2} \sum_{m=1}^n G_s^*(f) e^{i2\pi f t_{\ell m}} \right\} \quad (6)$$

$$= \frac{2}{T} \left(\frac{R_{\theta\theta}}{4\pi\rho V_s^3} \right)^2 S(f) \cdot S^*(f) \cdot \left\{ \sum_{\ell=1}^{n^2} \sum_{m=1}^n e^{-i2\pi f t_{\ell m}} / R_{\theta m} \right\} \left\{ \sum_{\ell=1}^{n^2} \sum_{m=1}^n e^{i2\pi f t_{\ell m}} / R_{\theta m} \right\}$$

ただし T は地震動の継続時間であり、*印は共役複素数を表す。継続時間 T は、断層の拡がりを考慮した場合観測点の位置によって異なり、またマグニチュード、震央距離の大小によって異なってくる³⁾のでそれらを考慮し定義した。震源スペクトル $S(f)$ は、入倉のモデルを用いたので高周波領域で f^{-2} に比例して減少することになる。さらに、観測される加速度波形のスペクトルに現われる高周波領域での振幅の減少を、臨界周波数 f_{max} を取り入れることにより震源スペクトルに反映させた⁴⁾。

3. 最大地動加速度の推定 上述の方法より大地震のパワースペクトルが求まれば、最大地動の期待値をKiureghian⁵⁾の方法を用いて求めることができる。いま、パワースペクトルのm次モーメントを λ_m とすれば、最大地動の期待値 a_{max} は次式で与えられる。

$$a_{max} = p(\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2) \cdot \sqrt{\lambda_0} \quad (7)$$

ここに、 $p(\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2)$ はピーク係数であり地震動を定常ガウス過程とすれば0~2次のモーメントの関数として与えられる。

4. 最大加速度のアテニュエーション

図-2は観測点の位置、破壊開始点を示したものである。図-3(a)は破壊開始点1とした場合に θ を変化させた最大加速度のアテニュエーション特性を示したものであり、図-3(b)は破壊開始点の違いによる最大加速度

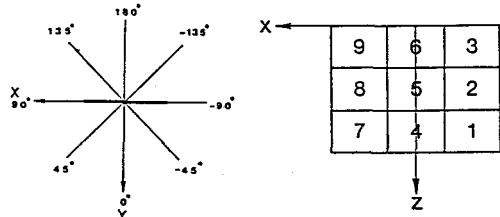


図-2 観測点方向、破壊開始点

の変化を比較したものである。また図-3(c)は破壊開始点を1に固定し、マグニチュード6,7,8のアテニュエーション特性を示したものである。

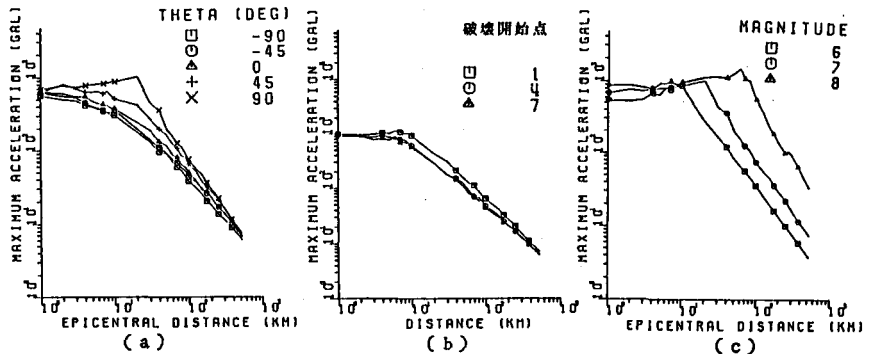


図-3 最大加速度のアテニュエーション

図-4はこの最大加速度の地表面分布を $M=7$ について示したものである。以上から本研究で得られた結果を列挙すると、(1)十分遠距離では断層の破壊過程による影響を無視できるが近距離では無視できない。(2)断層面上での一種のドップラー効果が最大加速度に大きく影響し、震央距離を固定すると破壊が進行していく断層走向方向で最大加速度は最大となる。(3)断層近傍での最大加速度は頭打ち

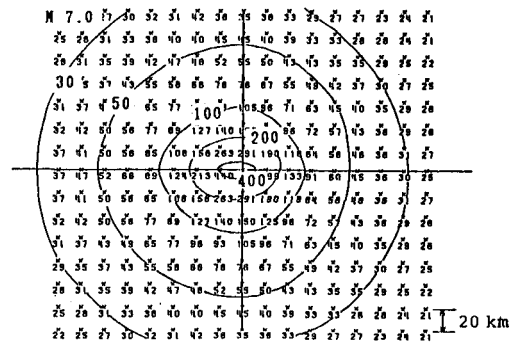


図-4 最大加速度の分布

となり、その頭打ち現象に対応する震央距離は高々断層の長さ程度である。(4)ここで提示した手法により、想定する断層の諸元さえ規定できれば、 M, Δ に加え破壊開始点を考えるだけで断層近傍をも含んだアテニュエーション則が推定できる。

参考文献 1)佐藤;第39回年次学術講演会,I-415,昭和58年. 2)Irikura;Bull.of DPRI, Vol.33,Part2,No.298,1983. 3)Kawashima;JSCE,Stru.Eng./Earthq.Eng.,Vol.2,1985. 4)Hanks;BSSA,72,1982. 5)Kiureghian;Earthq.Eng.Stru.Dyns.,Vol.9,1981.