

I - 3

最大地動アテニュエーションの半経験的解析

東北工業大学 正員 ○神山 眞
々 々 松川 忠司

1 はじめに 最大地動のアテニュエーション解析は世界各国において多くの研究者によってなされてきた。これらの研究では最大地動に対するローカルサイト効果がラフな地盤種別で検討されている。しかし、地震動に対するローカルサイトの影響は個々の観測点の地盤構造により大きく変動するので、観測点固有の地盤構造を考慮した解析が望まれる。一方、最近の震源特性に関する研究の進展に伴い、最大地動に対する震源特性の影響が次第に明らかになってきた。従って、従来から汎用されてきた最大地動の経験的アテニュエーション解析に、これらの震源特性に関する知見を導入することがある程度まで可能になってきた。本研究は、日本で得られた強震記録を用いて、個々の観測点でのローカルサイト効果と最近の震源特性の理論的知見を加えた最大地動の半経験的アテニュエーションモデルについて述べたものである。

2 最大地動の半経験的モデル

最大地動のアテニュエーションを解析する場合、震源、伝播経路、ローカルサイトの各要因の影響をバランスよく考慮する必要がある。工学的簡易性を考えると、伝播経路の影響は震源（震央）距離で代表させることが多い。その際の距離減衰は経験的に求めるのが一般であるが、実際の強震記録データセットでは震源距離と地震規模に強い正の相関があるので、このような純粋に経験的な距離減衰の算定は必ずしも好ましくない。本研究ではこれに代わり、気象庁の標準距離減衰を準用する。一方、震源の影響については、一般の研究と同様、工学的簡易性を優先させて、マグニチュードを基本パラメータとするが、その依存性を Papageorgiou and Aki¹⁾ の Specific barrier modelによりモデル化した²⁾。ここで設定されたモデルの模式図を最大加速度を例として図1に示す。図1のように、このモデルは地震規模（M）に応じて寸法が決まる震源断層上では最大加速度が一定であるとの Specific barrier modelの知見を導入している。これに対して、最大速度、最大変位などの最大地動パラメータは震源断層上の値でも地震規模に応じて変化することが Specific barrier modelで予想されるので、震源断層上の値に地震規模依存性を導入した（図は省略）³⁾。図1において C_a 、 r_1 などの値は強震記録データの統計解析により求めることになる。以上のように、震源、伝播距離の影響が半経験的にモデル化できたので、これに各観測点のローカルサイト効果を著者らが従来より用いているダミー変数の概念により加えて、最終の解析モデルを構築した。設定された解析モデルは最大加速度の場合、次式のように与えられる³⁾。

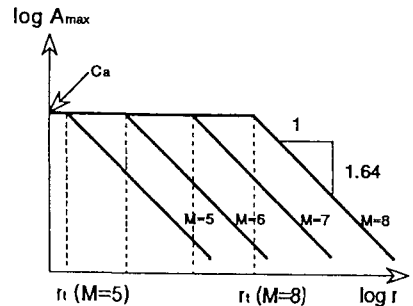


図1 最大地動の半経験的モデル
（最大加速度の場合）

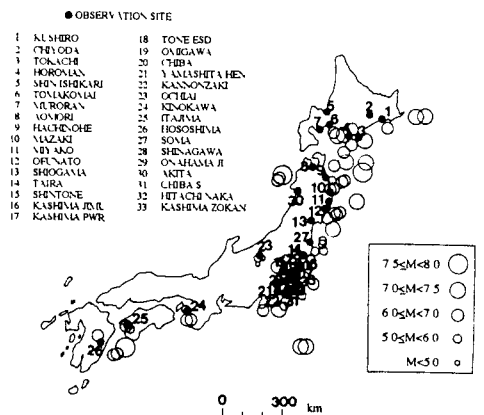


図2 強震記録観測点と地震震央分布

$$\log_{10} a_{\max} = -1.64 R_0 + b_1 R_1 + b_2 R_2 + c_a + \sum_{i=1}^{N-1} A_i S_i \quad \dots (1)$$

ここに、

$$R_0 = \begin{cases} 0 & (r \leq r_c) \\ \log_{10} r - \log_{10} r_c & (r > r_c) \end{cases} \quad R_1 = \begin{cases} 0 & (r \leq r_c) \\ 1 & (r > r_c) \end{cases}$$

$$R_2 = \begin{cases} 1 & (r \leq r_c) \\ M & (r > r_c) \end{cases}$$

$a_{\max}$ =最大加速度、 M =地震マグニチュード、 r =震源距離 (km)、 N =全観測点、 S_i =ダミー変数、 r_c =任意に設定される値、 b_1, b_2, c_1, A_i =回帰係数。

式(1)において r_c を任意に設定して解析を繰り返し、重相関係数が大きく、震源断層の寸法に関する既往の知見に最も合致する r_c (図1)を与える r_c の解析結果から回帰係数を決定した。

3 解析結果

式(1)のモデルを図2に示す33観測点で得られた357成分の水平動強震記録に適用した。式(1)のモデルにより各観測点固有の A_i が求められ、これにより最大地動に対する各観測点の増幅度が決定される。その際のreference siteは図2のOFUNATO (No.12)とした。紙面の関係から各観測点の増幅度を示しえないが、ここで求められた増幅度は観測点毎に大幅に変動し、しかも観測点の地盤構造とよい対応関係があることがわかった。一方、式(1)で右辺の最後の項を除けば、観測点のローカルサイト効果によらない基盤での最大地動アテニュエーションを与えることになる。その際の基盤とは基準観測点OFUNATOの露出岩盤(S波速度1,000m/s~2,000m/sと推定される)に相当する。図3、4は最大加速度、最大速度を対象とした解析結果から求められた回帰係数を用いて、上述の意味の基盤最大加速度、最大速度のアテニュエーションをプロットした結果である。図3、4は日本の強震記録のみを用いて導かれた最大地動のアテニュエーションであるが、その妥当性を検討するため、外国で得られた幾つかの大地震の最大地動観測結果と比較した¹⁾。図5はその一例である。同図は1989ロマブリータ地震の際の岩盤での観測最大加速度と本研究の基盤最大加速度のアテニュエーション予測を比較したものである。観測結果と予測結果には比較的良好一致がみられる。参考文献 1) Papageorgiou and Aki, BSSA, Vol.78 2) Kamiyama, O'Rourke and Flores-Berrones, NCEER Report (in print)

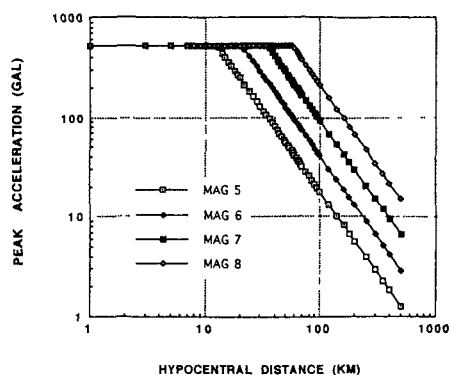


図3 最大加速度のアテニュエーション

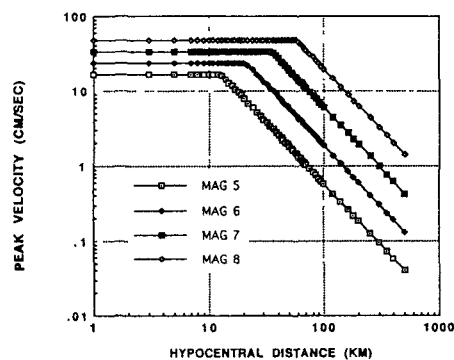


図4 最大速度のアテニュエーション

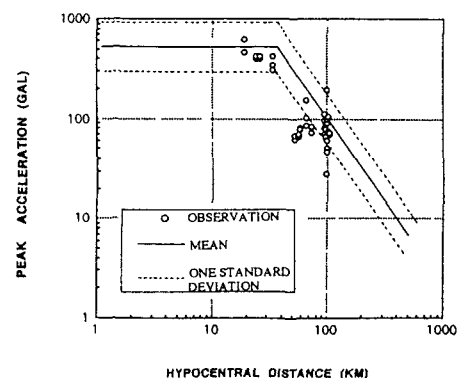


図5 予測最大加速度と実測最大加速度の比較 (1989ロマブリータ地震)