

清水建設(株) 技術研究所 正員 ○石川 裕
同 大崎研究室 正員 奥村俊彦
同 同 正員 石井 清

1. はじめに

昨今、確率論手法に基づく構造物の地震時安全性評価が注目を集めている¹⁾。評価の第一ステップは建設サイトにおける地震危険度解析であり、その結果は地震動確率曲線として構造物の損傷度解析へ引き継がれる。地震動確率曲線に影響する要因は種々考えられるが、構造物の損傷を引き起こすようなレベルの加速度をもたらす地震の一つに、建設サイトに比較的近い所で起こる中程度以上の規模の地震が考えられる。このような震央域に近い場所での地震動予測を既存のアテニュエーション式により行くと、式によっては最大加速度が極端に大きくなる場合がある。また、最近の研究では震央域の加速度値には上限があるとの考えから、震央域において最大加速度の頭打ちを考慮したアテニュエーション式も提案されている²⁾。本研究では、このような震央域における最大加速度の評価が地震動確率曲線にどの程度影響するかについて検討を試みた。

2. 解析手法と解析条件

解析手法はCornell³⁾が提案した標準的なもので、経時的な地震発生はポアソン過程に、マグニチュードごとの地震発生数はGutenberg-Richter 式に従うものとした。また、地震発生位置はサイト周辺、東西、南北各2度の領域内で一様ランダムであると仮定した。他の条件は東京における地震活動度を参考に表-1に示すものを基本モデルとした。解析に用いた最大地動加速度のアテニュエーション式は表-1に示す2つの式であり、両式の比較は図-1に示される通りである。また、式に含まれるばらつきは対数正規分布で考慮している。

3. 解析結果と考察

図-2に式(1)のアテニュエーション式を用い、解析で用いる最小の震央距離 Δ_{min} 、最大マグニチュード m_u を変化した場合の地震動確率曲線を示した。 Δ_{min} 、 m_u は震央域における加速度上限値の一種の指標を与えるものであるが、図-2からはその選択により結果として得られる地震動確率曲線は大きく異なるものとなることがわかる。これは、小さい震央距離に対し最大加速度が極端に大きくなるタイプの式(1)を震央域にまで適用しているためであり、震央域において加速度値に上限があるものとすれば、別の結果となることも考えられる。

そこで、次に式(1)を用いて加速度上限値 a_u を設定した場合について検討し、その結果を図-3に示した。同図(a)は a_u を500, 750, 1000 galとした場合の結果であるが、いずれの場合も a_u の半分程度の加速度レベルまでは a_u によらずほぼ同一の曲線を描き、それ以上の加

表-1 基本モデルの条件

Gutenberg-Richter式のb値	1.0
最大マグニチュード m_u	7.9
最小マグニチュード m_l	5.0
年平均発生率 $\nu(m_l)$	5.0
最小震央距離 Δ_{min} (km)	11.7
アテニュエーション式(最大加速度)	
(1) 佐伯・片山・岩崎 ⁴⁾ , 第2種地盤	
$a_{max} = 13.2 \times 10^{0.330m} \times \Delta^{-0.806}$	
(2) 亀田・杉戸・後藤 ²⁾ , $S_n = 0.0$	
$a_{max} = 349 \times 10^{0.232m} \times (\Delta + 30)^{-0.959}$	
ただし、330galで頭打ち	
アテニュエーションモデルの対数標準偏差	0.5

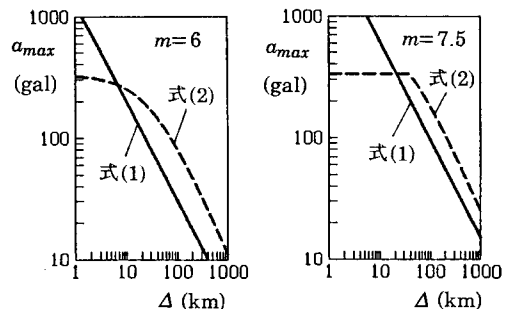


図-1 解析で用いたアテニュエーション特性

度レベルにおいて a_u の影響が現われてくることがわかる。同図(b)は a_u を1000 galと設定したときの Δ_{min} の影響を検討したものである。上述の理由により、頭打ちを考慮しても曲線全体に Δ_{min} の影響が現われている。

一方、亀田ら²⁾は震央域において最大加速度が一様であるとしたアテニュエーション式を提案している(式(2))。図-4(a)は式(2)を用いた場合の地震動確率曲線を式(1)を用いた結果と比較したものである。図-4では、アテニュエーション式の頭打ちは考慮したが、震央域においても対数標準偏差 0.5の対数正規分布でばらつきを考慮しているため、アテニュエーション式で考慮した加速度頭打ちの影響は地震動確率曲線にはそれほど現われていない。図-4(b)は式(2)を用いた場合の Δ_{min} の影響を検討したものである。式(2)は震央距離が小さくればその効き方が鈍くなるタイプであり、本検討で設定した程度の Δ_{min} に対しては最終結果として得られる地震動確率曲線はほとんど影響を受けない。

以上の検討の結果、既存のアテニュエーション式を用いて地震動確率曲線を算定する場合には、考慮する最小震央距離や加速度頭打ちの影響の度合は用いるアテニュエーション式により異なることが明らかとなった。また、上述各パラメータの影響は場合によっては低加速度レベルの地震動確率曲線にも及ぶことが明らかとなり、各パラメータの選択には十分な検討が必要であることが示唆された。

4. むすび

本研究において、震央域における最大加速度の評価が地震動確率曲線に与える影響について検討した結果、用いるアテニュエーション式、最小震央距離、加速度上限値のいずれにも密接に影響されることが明らかとなった。構造物の地震時安全性を確率論的に評価する場合、地震発生位置を確定し得ない現状では、サイトに非常に近い所においても地震発生の可能性を認めざるを得ない場合もあり、このような場合には震央域における地震動評価が結果として得られる地震動確率曲線にはきわめて支配的な要因となるということができよう。

<参考文献>

- 1) 例えば、柴田碧 (1985) : 日本機械学会誌, 第88巻, 第795号, pp.167-174.
- 2) Kameda, H. et al. (1982) : 3rd International Earthquake Microzonation Conference, Vol. III., pp.1463-1474.
- 3) Cornell, C.A. (1968) : BSSA, Vol. 58, No. 5, pp.1583-1606.
- 4) 佐伯光昭他 (1977) : 第32回土木学会年講 (I), pp.304-305.

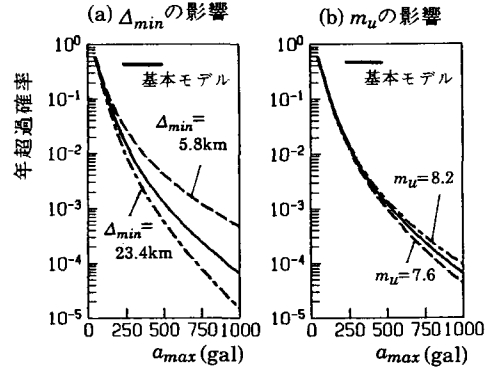


図-2 式(1)を用いた場合の地震動確率曲線

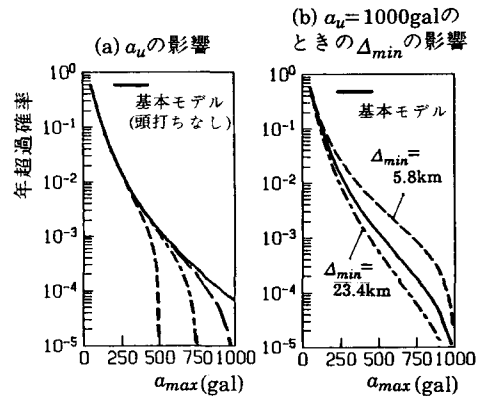


図-3 式(1)で頭打ちを考慮した場合の地震動確率曲線

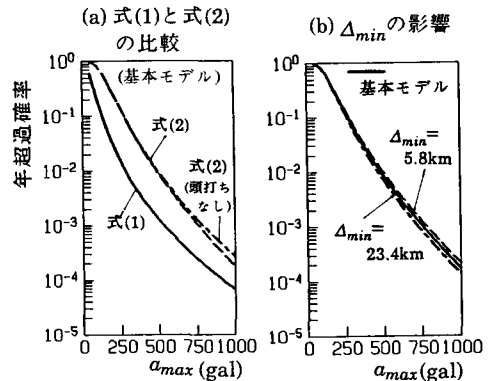


図-4 式(2)を用いた場合の地震動確率曲線