

I-419

一様リスク応答スペクトルとハザード適合マグニチュード・震央距離の関係について

京 都 大 学 大 学 院 学 生 員 能 島 暢 呂
 京 都 大 学 防 災 研 究 所 正 員 亀 田 弘 行
 西 松 建 設 (株) 正 員 良 本 昇

1. はじめに 一様リスクスペクトルは、応答レベルの超過確率が構造物の固有周期によらず等しいという工学的意義を有している。従って、種々の固有周期を持つ構造物群の耐震安全性の制御に有用である。一様リスクスペクトルは年超過確率 P_0 を安全性の判断指標としているが、固有周期ごとに応答を支配している地震の特徴は消去されていて、それに対するイメージは表に出てこない。そこで、一様リスクスペクトルとその背景となっている地震の性質を結びつけて理解しておくことが重要である。本研究では、応答スペクトルの年超過確率 P_0 によって規定される地震群に対する条件付期待値として定義されたハザード適合マグニチュード・震央距離を手掛りに一様リスクスペクトルの物理的背景を議論しようとしたものである。

2. 一様リスクスペクトルの算出 ここで対象としている一様リスクスペクトルは、年超過確率 P_0 に対応する沖・洪積地盤面における減衰定数5%の擬似加速度応答スペクトルであり、通常地震危険度解析の方法¹⁾により算出する。年超過確率 P_0 と一様リスクスペクトル $S_{a0}(T)$ の関係は次式のように表わされる。

$$P_0 = 1 - \exp\left\{-\sum_{K=1}^n \nu_K \cdot q_K(S_{a0})\right\} \quad (1)$$

ただし、添字 K は解析対象地点に影響を及ぼす地域を分割した地震域 K を表わし、 ν_K は地震域 K での年平均地震発生率、 $q_K(S_{a0})$ は地震域 K に1回の地震が生じた時に解析対象地点で地震動強度 S_A が S_{a0} を超過する確率であり、次式で算出される。

$$q_K(S_{a0}) = \int_{M_{0K}}^{M_{uK}} \int_{R_{0K}}^{R_{uK}} P\left(U > \frac{S_{a0}}{S_A}\right) f_{RK}(r) f_{MK}(m) dr dm \quad (2)$$

ここで、 M_u と M_0 は考慮するマグニチュードの上限と下限、 R_u と R_0 は震央距離の上限と下限、 $f_R(r)$ 、 $f_M(m)$ は震央距離 R 、マグニチュード M の確率密度関数である。 U は使用するアテニュエーション式の不確定性を表わす確率変数である。式(1)の P_0 が固有周期 T について一定になる様に $S_{a0}(T)$ を連ねることにより一様リスクスペクトルが得られる。

3. ハザード適合マグニチュード $\bar{M}$ ・震央距離 $\bar{\Delta}$ 年超過確率 P_0 なる一様リスクスペクトル $S_{a0}(T)$ のもとでも、固有周期を異にする構造物に $S_{a0}(T)$ を越える応答を生じさせる地震群のマグニチュードと震央距離は一般に異なる。そこで、一様リスクスペクトルを構成する地震群が、どのような性格を持つものであるかを、 $S_A > S_{a0}$ なる条件下でのマグニチュード、震央距離の条件付期待値 $\bar{M}$ 、 $\bar{\Delta}$ として固有周期別に算出し、明確にすることとする。これは、ハザード適合マグニチュード・震央距離として筆者らが提案したものの²⁾であり、以下の式を用いて求める。

$$\bar{M}(P_0; T_0) = E[M | S_A > S_{a0}(T_0)] \quad (3)$$

$$\bar{\Delta}(P_0; T_0) = E[\Delta | S_A > S_{a0}(T_0)] \quad (4)$$

樫田³⁾によるアテニュエーション式を用いて、東京・大阪における過去の地震資料を参考にし、標準的な地盤における $\bar{M}$ 、 $\bar{\Delta}$ と年超過確率 P_0 の関係を算出した結果を図-1に示す。 $\bar{M}$ 、 $\bar{\Delta}$ の変化の仕方は、東京・大阪という地域や固有周期の違いによって異なっている。特に大阪で固有周期 $T_{02} = 3$ 秒の場合、年超過確率 P_0 を小さくすると非常に特殊な地震に限定されることがわかる。また、年超過確率 $P_0 = 0.01$ として固有周期ごとに求めた $\bar{M}$ 、 $\bar{\Delta}$ を図-2に示す。短周期領域に対しては小規模・近距離の地震が、長周期領域に対しては大規模・遠距離の地震がそれぞれ支配的であることがわかる。

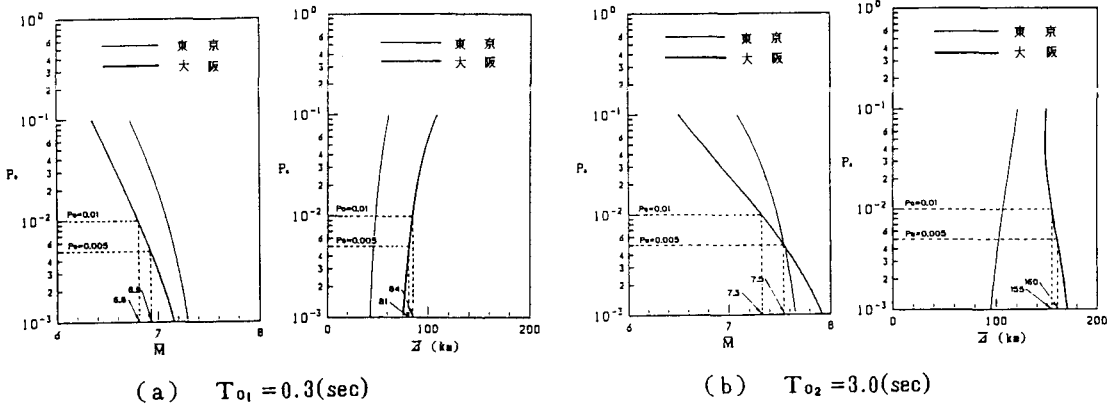


図-1 ハザード適合マグニチュード $\bar{M}$ ・震央距離 $\bar{Z}$

4. 一様リスクスペクトルの物理特性の評価

一様リスクスペクトルとその背景となる地震の性質を結びつけて理解するために、本研究では、2つの異なる固有周期 T_{01} と T_{02} に対して算出した $\bar{M}$ 、 $\bar{Z}$ をアテニュエーション式に代入して得られるスペクトル $\hat{S}_a(T; T_{01})$ 、 $\hat{S}_a(T; T_{02})$ と一様リスクスペクトル $S_{a0}(T)$ を比較し検討を行なった。標準的な地盤における算出結果を図-3に示す。 $\bar{M}$ と $\bar{Z}$ で対象地震群を限定することにより、一様リスクスペクトルは短周期領域では $\hat{S}_a(T; T_{01})$ に近い値を取り、長周期領域では $\hat{S}_a(T; T_{02})$ に近い値をとるのがわかる。即ち、一様リスクスペクトルには図-2の様な地震群が固有周期ごとに影響しているといえる。

参考文献 1) たとえば、Cornell, C.A., Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.58, No.5, pp.1583-1606, October, 1968. 2) 石川裕・亀田弘行：ハザード適合マグニチュード・震央距離による地震危険度解析の拡張，第42回土木学会年次学術講演会講演概要集，昭和62年9月，3) 櫻田俊一：地震動応答スペクトルの推定モデルにおける不確定性と地盤情報の関係に関する研究，京大卒業論文，昭和61年2月

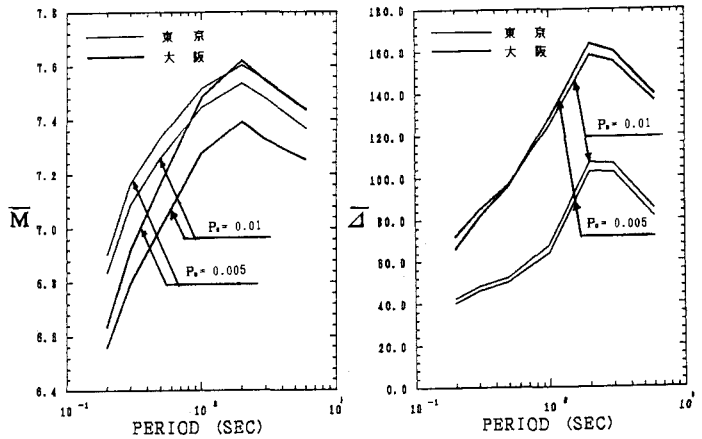
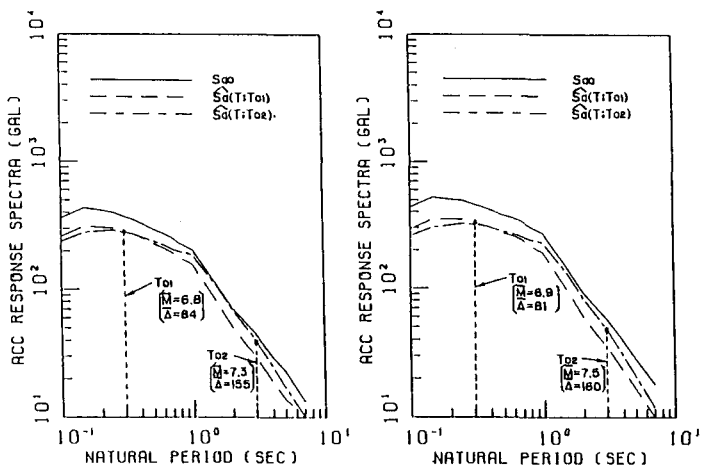


図-2 固有周期ごとの $\bar{M}$ 、 $\bar{Z}$ ($P_s = 0.01, 0.005$)



(a) 大阪 $P_s=0.01$ (b) 大阪 $P_s=0.005$

図-3 一様リスクスペクトルと $\bar{M}$ 、 $\bar{Z}$ によるスペクトル