

京都大学工学部 正員 山田善一 家村浩和
J R西日本 正員 ○武市信彦

1. まえがき

耐震設計の動的解析に用いられる入力地震動の設定には、対象地域の地震発生特性を反映した方法が非常に有効である。この入力地震動は、耐震設計法から得られる設計震度を基にして設定されることがある。本研究では、地震発生そのものを確率論的にモデル化して過去の被害地震データや地震動に関するアテニュエーション式から、特定の地点における加速度応答スペクトルの再現期間をあたえたときの期待値を求めた。そして、修正震度法から得られる耐震設計用の応答スペクトルと期待値とを比較し、耐震設計用のスペクトルの地域特性と地盤特性を検討しリスク評価を行った。

2. 応答スペクトルの算出

再現期間を年超過確率の逆数として求め、再現期間に対する減衰定数5%の応答スペクトルを Corneil¹⁾ 流の地震危険度解析²⁾の手法により算出する。解析対象範囲を、地震活動度が一定と考えられる領域に分割し、最大マグニチュード・年平均発生率は領域ごとに評価し、地震発生に時系列はポアソン過程、規模別地震発生数は Gutenberg-Richterの式に従うものとし、地震発生位置は各地震発生域内で一様ランダムであると仮定した。Fig. 1 に大阪での領域の分割を示した。再現期間と加速度応答スペクトルの関係は次式のように表される。

$$\frac{1}{T_R} = 1 - \exp\left\{-\sum_i v_i \int_r P(S_A > s_a | R=r) f_r(R) dr\right\} \quad (1)$$

ただし、添字 i は解析対象地点に影響を及ぼす地域を分割した地震域 i を表し、 v_i は地震域 i での年平均地震発生率、 $P(S_A > s_a | R=r)$ は地震域 i で震央距離 $R=r$ に1回の地震が起きたときに解析対象地点で地震強度 S_A が s_a を超過する確率である。 $f_r(R)$ は震央距離 R の確率密度関数であり、 T_R は再現期間である。

アテニュエーション式は、土木研究所²⁾が提案している次式を用いた。

$$S_A = a(T) \times 10^{b(T)M} \times (\Delta + 30)^{c(T)} \quad (2)$$

ただし、 S_A は加速度応答スペクトル、 M はマグニチュード、 Δ は震央距離、 $a(T)$ 、 $b(T)$ 、 $c(T)$ は定数である。

3. 解析結果

本研究では東京・大阪・京都・福岡の4地点にたいして、上述の手法を用いて応答スペクトルの期待値を求め、耐震設計法より得られる応答スペクトルと比較検討しリスク評価を行った。

Fig. 3 には東京における再現期間200年と400年に対する応答スペクトルと耐震設計法スペクトルを示す。1種地盤では、短周期側で小さめに評価し長周期側では大きめに評価しており、これは、短周期の構造物は剛性が高いため、地盤との動的な相互作用が大きく、単純な1自由だけでは表現されない強度が期待できることなどによるものである。しかしながら、軟弱地盤になると応答スペクトルが設計法スペクトルを越える固有周期の幅が広くなり、ピークが長周期側へ移る傾向がある。京都・大阪・福岡でも同じような結果が得られている。しかし、この3都市は耐震設計法のスペクトルを超える応答スペクトルの値は小さいが、Fig. 3 に見られるように東京では超える値が大きくなっている。すなわち、設計法のスペクトルは東京において軟弱地盤になるほどリスクは大きくなるということになる。

Yosikazu YAMADA, Hirokazu IEMURA, Nobuhiko TAKEICHI

次にFig. 2には固有周期 $T=1.0$ 秒における3種地盤の加速度応答スペクトルと年超過確率の関係と、耐震設計法スペクトルの値を示した。これを見ると東京が4都市のなかで1番大きな加速度をとり、福岡が1番小さな値を取っている。京都・大阪は地震環境が似ているためそれほど違いはない。しかし、短期側では福岡は大阪・京都とほぼ同じ値をとるという結果が得られ、短周期側では福岡と大阪・京都の将来起るであろう地震のリスクの差は小さくなると考えられる。またこの図から耐震設計用のスペクトル、東京・京都・大阪・福岡の順にリスクは低くなっており、福岡ではかなり大きめに評価されていることが分かる。また、1種と2種地盤について同様なことを行った結果、軟弱地盤になるほどリスクが高くなる傾向がある。しかし、 $T=0.1$ 秒の短周期側では逆に軟弱地盤になるほど年超過確率は小さくなる傾向が見られた。設計でよく用いられる再現期間100年から400年ぐらいの年超過確率を基準として考えると、 $T=0.1$ 秒においては、東京と福岡の耐震設計法スペクトルのリスクは、硬い地盤でかなり高くなっている。 $T=1.0$ 秒においては、全体的にかなり大きく評価されているという結果が得られた。Fig. 3の結果と考え合わせると、設計法のスペクトルは4都市とも短周期側では硬い地盤ほどリスクが高く、長周期側では軟弱地盤ほどリスクが高くなる傾向がある。

大阪・京都では、耐震設計用のスペクトルの年超過確率が大いところでも再現期間は100年から400年程度で、リスクはそれほど高くはない。しかし、大きめに評価されているところがあるため、リスクは高くはないが地域特性や地盤特性にそれほど見合ったものとなっていないと考えられる。

参考文献

1. Cornell, C.A.: Engineering Seismic Risk Analysis, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 58, No. 5, pp. 1583~1606, 1968
2. 荒川・川島・田村: 確率手法に基づく動的解析用入地地震動波形の設定法, 建設省土木研究所, pp. 1~35, 1983

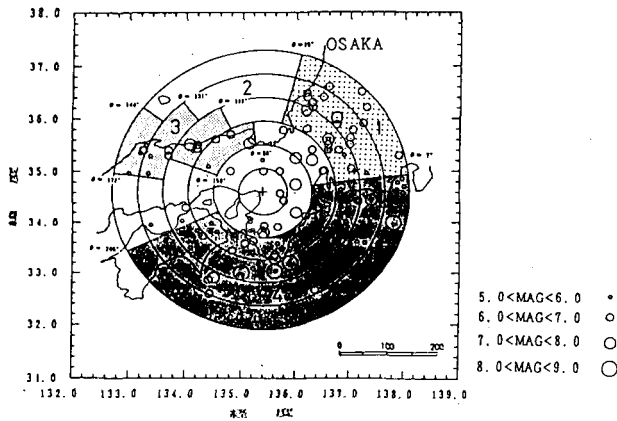


Fig. 1 Local Seismicity and Subzoning (OSAKA)
(within radius of 300km shown at 50km intervals)

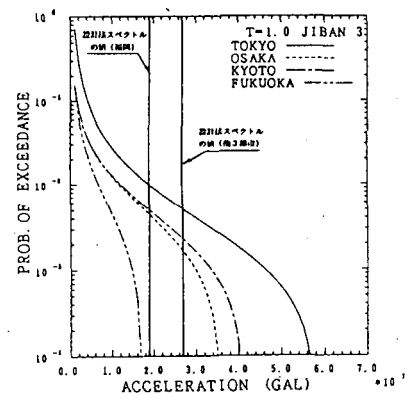


Fig. 2 Probability of Exceedance for Response Spectrum (Natural Period of Structure = 1.0 sec)

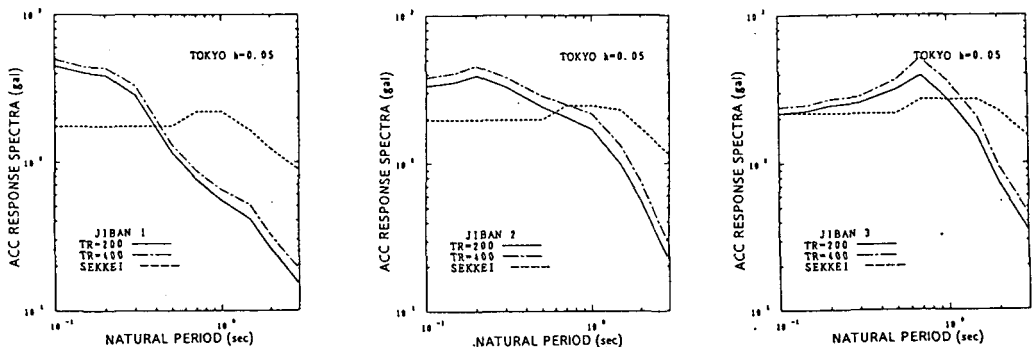


Fig. 3 Expected Value of Response Spectrum with Return Period of 200 years and 400 years