

工学的地震危険度解析に基づく広島地域の地震想定について

広島工業大学工学部 正員 ○能島 暢呂  
 広島工業大学工学部 正員 中山 隆弘  
 広島工業大学工学部 正員 浅野 照雄

1. 本研究の目的 地域防災計画における地震想定は、種々の地震対策の前提となる条件を設定する作業であり、重要な検討項目である。広島地域は50~100年に1度程度の頻度で地震被害にみまわれており、広島市では、1905年芸予地震(M=7.25)に代表される安芸・伊予灘のマグニチュード7程度の地震を最も警戒すべき地震とする一方、南海沖で発生する海洋性巨大地震による被害の記録も存在し注意を要するとしている<sup>1)</sup>。本研究では、歴史地震資料に基づいて広島地域の地震危険度解析を行い、亀田・石川により提案された方法<sup>2),3)</sup>を用いて、リスク指標に対応した地震の地域的な特性を探るとともに、地震想定のための基礎資料を提供することを目的としたものである。

2. 解析方法と条件 地震危険度解析の手法はCornell<sup>4)</sup>の方法に従い、地震の時間的・空間的発生分布はポアソン型モデル、地震規模の相対頻度はb値モデルとした。本研究ではまず、リスク指標を年平均発生率 $\nu_0 (= 1/T_r, T_r: \text{再現期間(年)})$ として、地震動強度 $\gamma$ と $\nu_0$ の対応関係を表すハザード曲線を算出する。つぎに、指定した $\nu_0$ から逆に定められる地震動強度 $\gamma_0(\nu_0)$ を注目サイトに生じさせる、マグニチュードM、震央距離Rの確率分布の平均値 $M^*, R^*$ (ハザード適合マグニチュード・震央距離<sup>2)</sup>)を求め、 $\gamma_0(\nu_0)$ の背景となる地震群の特徴について考察する。さらに、注目サイトの地震危険度に対する各地震域の貢献度<sup>3)</sup>から、支配的な地震域の抽出を行う。

対象としたサイトは広島市中心部であり、南海沖の巨大地震の影響を考慮して、解析対象範囲を半径350km以内とした。歴史地震資料<sup>5)</sup>は、解析対象範囲内において679~1987年の間に発生した128個の地震を用いた。地震域のゾーン分割については、図1に示すような扇形の形状で分割数を9とした。各地震域の特性は表1の通りである<sup>6)</sup>。アテニュエーション式は、工学的基盤の地震動予測モデルの強度パラメータである最大RMS強度 $\gamma(\text{gal})$ の式<sup>7)</sup>を用いた(図2)。工学的基盤での最大加速度は $\gamma$ の概ね2倍の値となることがわかっている。アテニュエーション式の不確定性については、変動係数 $COV = 0.427$ の対数正規分布を仮定した。

表1 各地震域のパラメータ

地震域	$m_0$	$m_1$	$r_0$ (km)	$r_1$ (km)	年平均地震発生率
A 山陰	6.0	7.8	60.00	350.0	0.01404
B 大阪近辺	6.0	7.5	212.0	350.0	0.02381
C 南海沖	6.0	8.4	240.0	350.0	0.006889
D 日向灘	6.0	7.8	112.0	332.0	0.04704
E 九州中部	6.0	7.6	112.0	320.0	0.01917
F 奄美	6.0	7.0	220.0	276.0	0.01010
G 西国東部	6.0	7.0	132.0	192.0	0.01639
H 広島湾	6.0	7.3	0.000	84.00	0.02424
I 山口県東部	6.0	6.5	40.00	124.0	0.03019

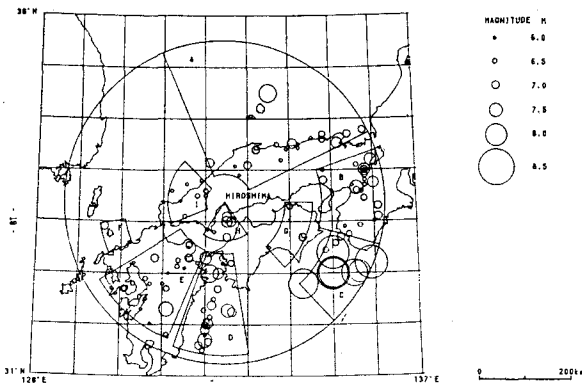


図1 広島市を中心とした解析対象範囲内の地震分布と地震域の分割

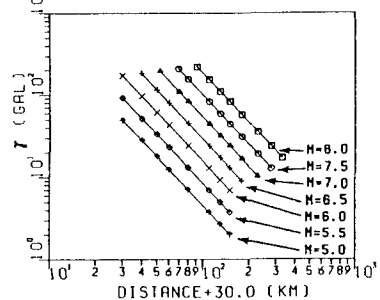


図2  $\gamma$  のアテニュエーション特性

3. 解析結果および考察

図3に $\gamma$ のハザード曲線を示す。年平均発生率 $\nu_0 = 0.1$ および0.01に対応した $\gamma$ の値は、それぞれ5(gal)、52(gal)となった。図4は、横軸に $M$ 、縦軸に $R$ をとり、年平均発生率 $\nu_0$ を変化させた場合の $M$ 、 $R$ の条件付同時確率密度関数を、平均値( $M^*$ 、 $R^*$ )および標準偏差( $\sigma_M$ 、 $\sigma_R$ )で簡易的に表現したものである。同一の地震動強度 $\gamma$ を与える( $M_\gamma$ 、 $R_\gamma$ )の組が正の相関を持つことからこの表示方法をとった。年平均発生率 $\nu_0$ の高い( $T_r$ が短い)レベルでは、 $M^*$ 小、 $R^*$ 大、ばらつき大の傾向にあり、地震危険度に対して特に支配的な地震域が現れていないと考えられる。これに対して $\nu_0$ が低い( $T_r$ が長い)レベルになると、 $M^*$ 大、 $R^*$ 小、ばらつき小となり、リスク指標を小さくとるに従って、影響力を持つ地震が安芸・伊予灘(ゾーンH)の地震に限定され、最大マグニチュード7.3、最小震央距離0kmに収束する傾向が理解される。

このことは、各地震域の地震危険度への貢献度を示した図5により明確に現れている。年平均発生率 $\nu_0$ の高いレベルでは、各地震域の貢献度はそれぞれのゾーンにおける年平均地震発生率(表1参照)にほぼ比例した値をとるが、構造物に被害を及ぼすような領域では、全体的に安芸・伊予灘(ゾーンH)が支配的であり、山口県東部(ゾーンI)、日向灘(ゾーンD)がそれに次いでいる。年平均発生率0.01( $\gamma=52$ gal)では、ゾーンH、I、Dの貢献度がそれぞれ90.0%、6.7%、1.3%、計98.0%を占めている。南海沖(ゾーンC)の貢献度は0.4%ときわめて小さい。これはサイトから遠距離かつ地震発生率が年平均0.0087と低いことによると考えられる。ただし、建設省土木研究所による加速度応答スペクトルのアテニュエーション式を用いて比較を行った結果では、長周期でのゾーンCの貢献度が数%のオーダーとなるケースが認められた。

4. おわりに

今回の解析で、ゾーンHの貢献度が特に強く現れた理由の一つに、対象サイトのごく近傍に存在する唯一のゾーンであることが挙げられる。扇形モデルの場合、特にサイトから放射方向のゾーン境界の設定方法が解析結果を大きく左右するので、今後の検討課題としたい。本研究の成果をふまえて、既存記録補正や地震動予測モデルによる動的解析用地震動の模擬を行う方針である。

【謝辞】 本研究は、平成5年度文部省科学研究費総合研究(A)(代表：中山隆弘、課題番号05302072)の補助を得て行ったものである。京都大学防災研究所 亀田弘行教授および清水建設(株)技術研究所 石川 裕氏には有意義な議論をしていただいた。記して謝意を表す。

【参考文献】 1) 広島市：広島市地震被害想定調査報告書、1985.10、 2) 亀田弘行・石川裕：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、土木学会論文集第392号I/9、pp.395-402、1988.4、 3) 石川裕・亀田弘行：地震危険度解析に基づく想定地震の設定法、第8回日本地震工学シンポジウム、pp.79-84、1990、 4) Cornell, C. A. : Engineering Seismic Risk Analysis, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.58, No.5, pp.1583-1606, 1968、 5) 宇津徳治：世界の被害地震の表(古代から1989年まで)、1990.5、 6) 河村幸太郎：歴史地震データに基づく免震構造物の耐震信頼性解析法に関する研究、広島工業大学修士論文、1993.2、 7) Kameda, H. and Nojima, N., "Simulation of Risk-Consistent Earthquake Motion," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.16, 1007-1019, Oct. 1988.

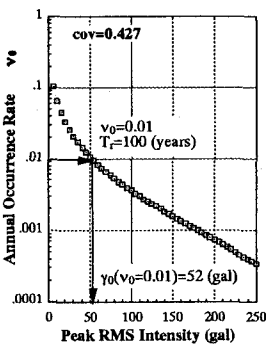


図3 ハザード曲線

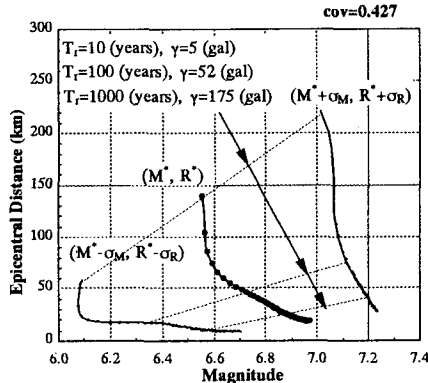


図4 ハザード適合マグニチュード・震央距離

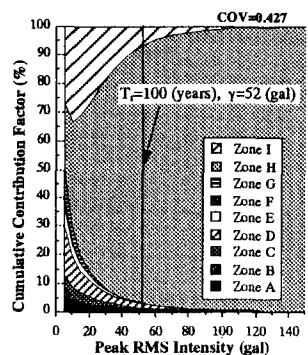


図5 各地震域の貢献度