

## I-730

## 工学的地震危険度解析に基づく広島地域の地震想定

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回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( $M=7\frac{1}{4}$ )に代表される芸予・伊予灘の $M=7$ 程度の地震を最も警戒するべき地震とする一方、南海沖の巨大地震による被害記録もあり注意を要としている<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・石川が提案した方法<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の提供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>の方法に準じた。本研究ではまず、リスク指標を年平均発生率 $\nu_0(=1/T_r, T_r$ : 再現期間(年))として、地震動強度 $y$ 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 $y_0(\nu_0)$ を超える地震動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、 $y_0(\nu_0)$ 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。注目サイトは広島市中心部であり、南海沖の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 $M=6$ 以上の128個の地震を用いた。地震域のゾーン分割は、扇形の形状で分割数を9とし(図1)、各地震域の特性は表1に示した通りである<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<sup>7)</sup>の強度パラメータである最大RMS強度 $\gamma(\text{gal})$ (図2、基盤最大加速度は $\gamma$ の概ね2倍)、および加速度応答スペクトル<sup>8)</sup> $S_A(\text{gal})$ (第III種地盤、水平成分、 $h=5\%$ )を用いた。

3. 解析結果および考察 図3に $\gamma$ のハザード曲線を示す。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。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、特に支配的な地震域が現れていないが、 $\nu_0$ を低く( $T_r$ を長く)とるに従って、影響力

表1 各地震域のパラメータ

| 地震域       | $m_{eq}$ | $m_{1/2}$ | $r_{eq}(\text{km})$ | $r_{1/2}(\text{km})$ | 年平均地震発生率 |
|-----------|----------|-----------|---------------------|----------------------|----------|
| A 山 陽     | 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                | 0.008689 |
| 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 四国東部    | 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                | 0.08019  |

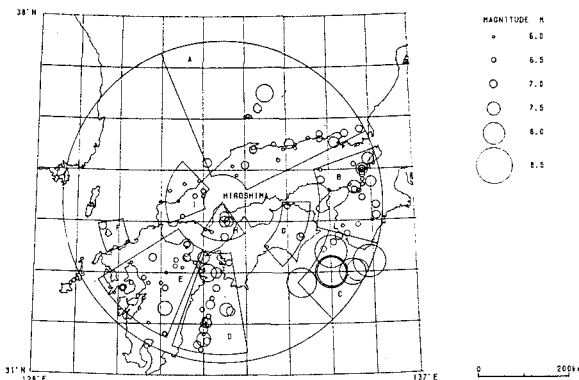
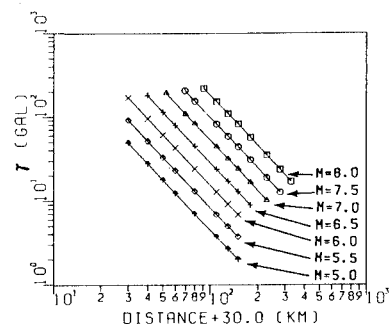


図1 広島市を中心とした解析対象範囲内の地震分布と地震域の分割

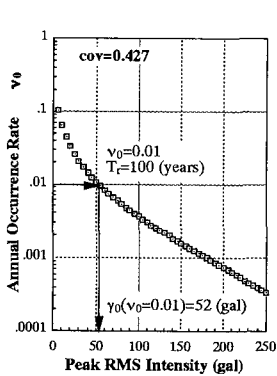
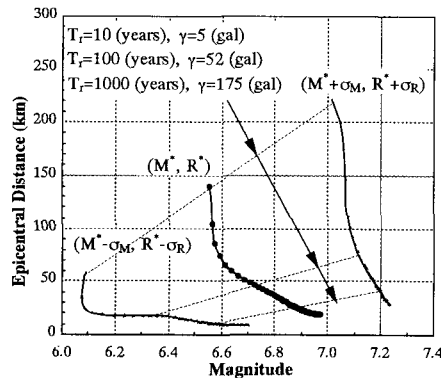
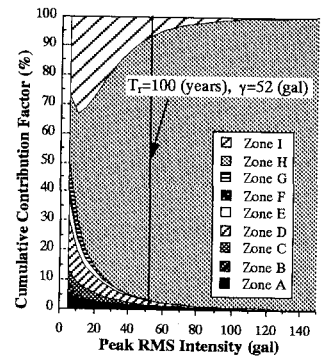
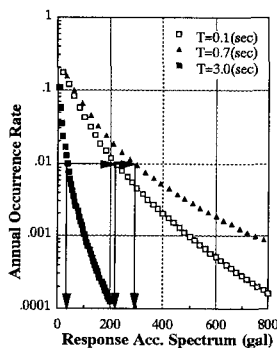
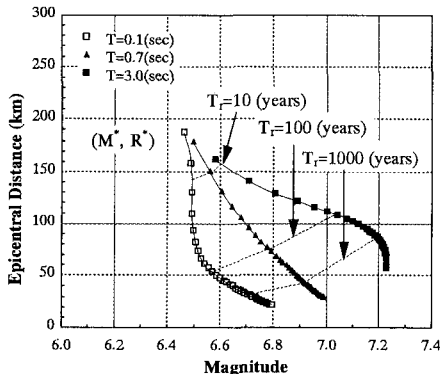
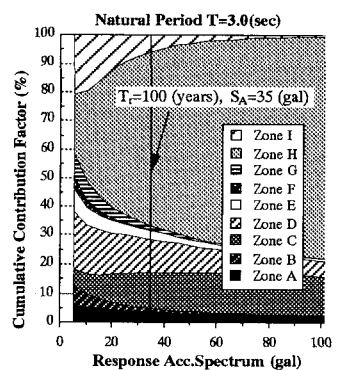
図2  $\gamma$  のアテニュエーション特性

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  $M=7.3$ 、最小  $R=0\text{km}$  に収束する傾向にある。このことは各地震域の貢献度（図 5）に明確に現れている。年平均発生率  $\nu_0$  の高いレベルでは、表 1 の年平均地震発生率にほぼ比例した貢献度となるが、全体的に安芸・伊予灘（ゾーン H）が支配的で、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  $0.01$  ( $\gamma=52\text{gal}$ ) では、ゾーン H、I、D の貢献度がそれぞれ  $90.0\%$ 、 $6.7\%$ 、 $1.3\%$  であり、南海沖（ゾーン C）の貢献度は  $0.4\%$  ときわめて小さい。図 6 は  $S_A$  のハザード曲線（固有周期  $T=0.1, 0.7, 3.0$  秒）であり、各固有周期に対応した  $(M^*, R^*)$  は図 7 のように得られた（ $\sigma_M, \sigma_R$  は省略）。長周期側（ $T=3.0$  秒）における貢献度（図 8）をみると、年平均発生率  $0.01$  ( $S_A=35\text{gal}$ ) でゾーン H、C、D の貢献度がそれぞれ  $61.3\%$ 、 $12.2\%$ 、 $11.4\%$  となり、ゾーン C、D の貢献度も高く、軟弱地盤上の長周期構造物については遠距離大地震の影響が強い傾向を示していると考えられる。

4. おわりに 扇形モデルでは、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 亀田弘行教授と清水建設 (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。記して謝意を表する。

【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・石川：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/9，1988.4，3) 石川・亀田：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，1990，4) Cornell, C. A. : Engineering Seismic Risk Analysis, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.58, No.5, 1968，5) 宇津：世界の被害地震の表，1990.5，6) 河村：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, Oct. 1988，8) 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，1990.2。

図3 ハザード曲線 ( $\gamma$ )図4 ハザード適合マグニチュード・震央距離 ( $\gamma$ )図5 各地震域の貢献度 ( $\gamma$ )図6 ハザード曲線 ( $S_A$ )図7 ハザード適合マグニチュード・震央距離 ( $S_A$ )図8 各地震域の貢献度 ( $S_A$ )