

I-424

断層破壊モデルを用いた地震応答スペクトルの確率論的評価

鳥取大学工学部	正会員	高岡宣善	鳥取大学大学院	学生員	○有元 毅
鳥取大学工学部	正会員	白木 渡	福山市役所	正会員	松岡 茂
鳥取大学工学部	正会員	松保重之			

1. まえがき 現行の設計震度は地域別、地盤別、重要度別に定められているものの、全国平均的なものではない。地震は、直下型の近距離地震や海洋沖の遠距離地震あるいは発生頻度が高いが規模の小さい地震や発生は稀であるが規模の大きい地震などその地域特性はさまざまである。一方、地震は断層のずれによって生じることは広く知られていることである。そこで本研究では、阪神地域を対象として、地震の発生機構を断層破壊モデルを用いてモデル化し、建設地点に予想される地震応答スペクトルを評価することを考える。その際地震発生率は地域特性を考慮して、過去の歴史地震データを基に算出し、また応答スペクトルの推定についても地域特性を考慮したアテニュエーション式を用いることにする。

2. 地震活動度の検討 阪神地域における地震の活動度を評価するためには、まず近畿地方を中心とする歴史地震の記録を整理し、それらの震源域を活断層区によって区分(ゾーニング)する必要がある。ここでは、文献1)で用いられている歴史地震の記録を参考にして大阪湾(建設地点)を中心として半径300kmの範囲において活断層のゾーニングを行なった。その結果をFig.1に示す¹⁾。ただし、被害を及ぼす地震の活動度が非常に低いと見られている部分(たとえば南海沖より南の部分)については震源がないものと考えた。震源域を区分した後、ゾーン1~4および各ゾーンを一様とみなした全ゾーンに対する地震活動度を把握する必要がある。これについては一般にGutenberg-Richter式を適用することができる。そこで本研究でもこの関係式を用いた。次に地震の発生過程をポアソン過程を用いてモデル化

$$F_M(m) = \frac{1 - \exp(-\beta_i(m - m_0))}{1 - \exp(-\beta_i(m_{ui} - m_0))} \quad (1)$$

すると、ゾーン i において地震 E_i が発生した場合のマグニチュードの確率分布関数は式(1)で与えられる²⁾。ここに m_0 は考慮した地震の最小マグニチュードを表し、 β_i 、 m_{ui} はそれぞれのゾーンごとに定まる定数である。今対象としている建設地点から距離 r だけ離れたところにマグニチュード m の地震が発生したとする。この地震による対象地点での地表加速度は一般にアテニュエーション式によって推定することができる。同様に応答スペクトルに対してもアテニュエーション式を適用し、対象地点の地震の強さを推定する。本研究では土研の提案した式(2)を用いた¹⁾。ここに T は構造物の固有周期、 $S_A(T)$ は加速度応答スペクトル、 $A(T)$ 、 $B(T)$ 、 $C(T)$ は各固有周期ごとに与えられる定数である。

$$S_A(T) = A(T) \times 10^{B(T) \cdot m} \times (r+30)^{C(T)} \quad (2)$$

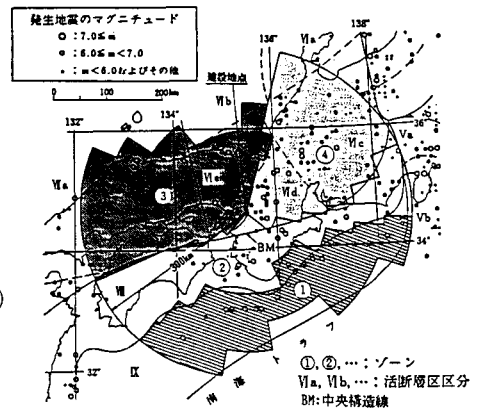


Fig.1

3. 断層破壊モデルを用いた応答スペクトルの推定 地震は断層のずれによって生じることは前述した。この断層のずれ

の長さは、マグニチュードとの間に式(3)のような関係があることが提案されている²⁾。ここに s は断層破壊の長さ、 a 、 b は定数である。そこで、本研究ではFig.2に示すようなモデル²⁾をFig.1で行ったゾーニングに適用し、断層破壊の長さを直径とする円と震央距離を半径とする円との相互関係によって建設地点での応答スペクトルの推定を行う。ここで建設地点での加速度応答

$$S = \exp(am - b) \quad (3)$$

スペクトル $S_A(T)$ の大きさを Y とおくとこの地点で $Y > y$ となる確率は式(4)で与えられる。ここに $P(E_i)$ はゾーン i で $m > m_0$ なる地震が発生する確率であり、その値は一般に地震の年平均

$$P(Y > y) = \sum_{i=1}^n P(Y > y | E_i) P(E_i) \quad (4)$$

発生率 ν_i に等しい。そ

うすると、 $Y > y$ となる

地震の再現期間は式(5)

によって求めることが

できる。式(4)、(5)を評

価する上で条件付確率

$P(Y > y | E_i)$ が重要にな

ってくる。これは式(6)

で与えられ、前述した

ようにFig.2で示す2つ

の円の関係によって決定する。次に応答スペクトル Y に対してアテニュエーション式の不確定性を考えた

応答スペクトルを Y_a とすると、 Y_a は式(7)のようになる。ここに U はアテニュエーション式の不確定性を

表す確率変数で本研究では対数正規分布に従うものと仮定した。この Y_a を式(4)、(5)、(6)の Y の代りに

用いれば式(8)によってアテニュエーション式の不確定性を考慮した応答スペクトルの評価を行うことがで

きる。ここに、 $f_u(u)$ は対数正規分布の確率密度関数である。

4. 数値計算例および考察 まず、断層破壊モデルを適用するためにFig.1をさらに半径50kmごとに同心円

状にゾーニングする。そして再現期間100年、第一種地盤について建設地点に予想される応答スペクトルの

推定に関する数値計算を行った。その結果の一部をFig.3～Fig.5に示す。Fig.3は全ゾーンのどこにでも一

様に地震が起り得るとした場合(全ゾーン)およびそれぞれのゾーンにだけ地震が起り得るとした場合(ゾー

ン1～4)の応答スペクトルを推定したものである。この図よりゾーン1～4の中では、ゾーン4が最も大きな値

を示している。この理由は、ゾーン4における地震が直下型の近距離地震であることによると考えられる。

Fig.4は全ゾーンに対して、アテニュエーション式の不確定性を考慮した場合と無視した場合との比較を行

ったものである。この図よりアテニュエーション式に含まれる不確定性の評価が非常に強く影響してくるこ

とが分る。最後にFig.5は本研究で用いた断層破壊モデルと地震発生機構を点震源でモデル化した場合との

比較を行ったものである。この図より震源に幅を持たせることにより建設地点に予想される応答スペクトル

は危険側に現われ、地震発生機構をモデル化する場合には断層を考慮する必要があることが分る。

$$T_r = \frac{1}{\sum_{i=1}^n P(Y > y | E_i) \nu_i} \quad (5)$$

$$P(Y > y | E_i) = \int_{m_0}^{m_u} P(Y > y | E_i; m) f_m(m) dm \quad (6)$$

$$Y_a = U \times Y \quad (7)$$

$$P(Y > y | E_i) = \int_{m_0}^{m_u} \int_0^\infty P(Y > y | E_i; m) f_m(m) f_u(u) du dm \quad (8)$$

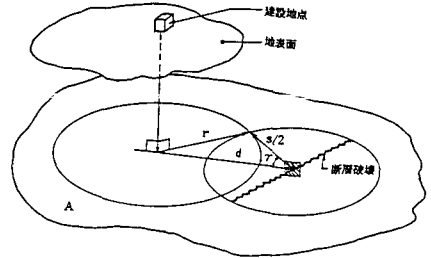


Fig.2

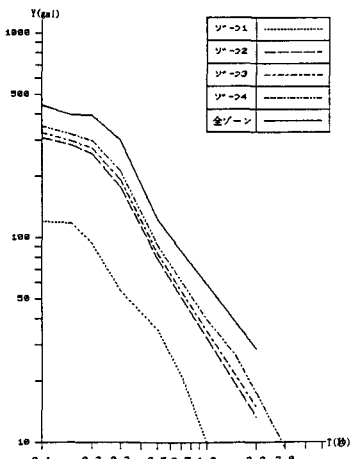


Fig.3

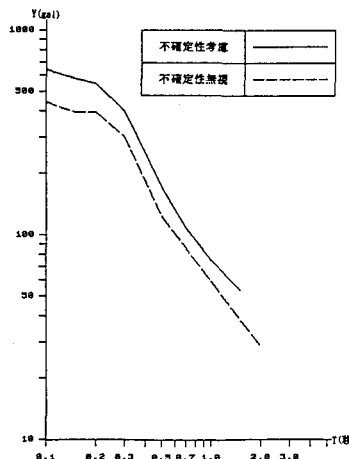


Fig.4

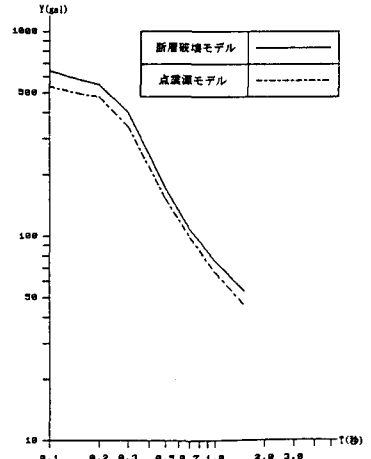


Fig.5

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団, (財)阪神高速道路公団管理技術センター: 阪神高速道路公団設計荷重(HLD)委員会報告書 阪神高速道路の設計荷重体系に関する調査研究, 1986-12.
- 2) Der Kiureghian, A., Ang, A. h-s., "A Fault-Rupture Model for Seismic Risk Analysis," Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 67, No. 4, Aug., 1977, pp. 1173~1194.