

神奈川大学工学部○佐本孝久

都立大学工学部

国井隆弘

鹿島建設(株)

安田益治

フジタ工業(株)

立山 晃

1. はじめに

構造物の耐震設計や地域的な地震防災対策の検討において必要とされる地震動の特性は、観測された既往の強震記録を見ても明らかなように、一般に大変複雑で確定し苦いのが現状である。そのために、現行の耐震設計法においては、多数の強震観測記録をベースとして統計解析による設計用震度(地震動特性を含む)が採用されている。一方、地震動の個々の特性を考慮すべく断層理論を用いて震源特性を検討する研究が進められ、いくつかの断層モデルや計算方法が発展的に提案され、観測された地震動の理論的な解明に寄与している。いずれの方法においても震源特性を決定する震源パラメータの設定には、なお多くの検討を必要とするものと思われる。しかしながら、工学的な観点から、比較的簡易な方法でこれらの結果を利用する場合には、まだ考慮すべき別途の多くの問題が有ると思われるが、本報告では、これまでに提案されたいくつかの断層モデルを用いて、計算される地震動特性の算定結果を相互に比較し、それぞれの特徴と問題点を探ることを目的として、若干の検討を行った。

2. 断層モデル

本報告では、これまでに提案されている断層モデルの中から、比較的簡単に計算を行える方法として、以下に示す3つの計算方法を用いて検討を行った。Haskell Model は、やや古典的なもので断層面を一樣均一と考える点で言えば巨視的モデルであり、Specific Barrier Modelは多重震源性を考慮した微視的モデルである。S.E.G.F. Modelは、小地震の合理的な重合せにより、大地震の地震動を実証的に模擬するモデルであり、上記の2つのモデルとはやや趣を異にする。

(1) Haskell Model^{1),2)} : (図1)

$$\ddot{U}(\omega) = \mu A D \cdot R(\theta, \phi, r) \cdot (G(\omega) \cdot \omega^2) \times (F(\omega, \xi) \cdot \omega) \cdot Q(\omega)$$

(2) Specific Barrier Model^{3),4),5)} : (図2)

$$\ddot{U}(\omega) = (F_s / 4\pi B r) \cdot A(\omega) \cdot Q(\omega)$$

(3) S.E.G.F. Model⁶⁾ : (図3)

$$\begin{aligned} S_{syn} &= S_1 + S_3 \\ S_1 &= I I E (R_0 / R_{1j}) \cdot S_0 (t - \tau_{1jk}) \\ S_3 &= I I E \kappa_{1j} (R_0 / R_{1j}) \cdot S_0 (t - \tau_{1j1}) \end{aligned}$$

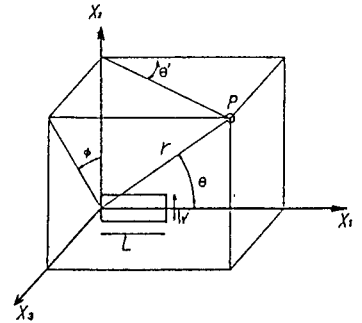


図1. Haskell Model の概要図

マグニチュード M = 6

マグニチュード M = 8

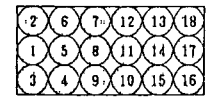
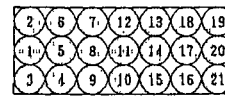
クラック半径 $\rho = 0.99$ (km)クラック半径 $\rho = 11.17$ (km)

図2. Specific Barrier Modelの概要図

3. パラメータの設定

上記3つの断層モデルの計算方法は、それぞれ異なるため計算に用いるパラメータの設定は別々に行うことになるが、算定される地震動特性を相互に比較するためには、なるべく共通したパラメータ間の統一を考慮しておく必要がある。ここでは、基本的な地震の規模をマグニチュード(M)の大きさに規定し、その値を6, 7, 8の3通りとして、パラメータの設定を行い、震源深さは50kmで、震央距離はM=6で10km, M=7で50km, M=8で100kmとした。また、計算した地点の配置を図4に示しておく。

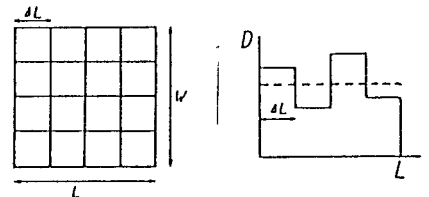


図3. S.E.G.F. Modelの概要図

4. 計算結果および相互比較

設定したパラメータにより、3つのモデルで計算された、各方位（ $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ ）と各マグニチュード（ M ）6, 7, 8における加速度フーリエスペクトルと地震動波形を計算した。図5に計算結果の一例（ $M=6, 8$ ）を示しておく。3つのモデルによるスペクトルを比較すると、Barrier Model とS.E.G.F. Modelにおけるスペクトルの形状が比較的良く一致していることがわかる。これは、どちらのモデルも、断層を小断層の集まりと仮定しているのと、S.E.G.F. Modelにおいて、要素地震波に円形クラックから発せられる地震波を用いているためであろう。S.E.G.F. Modelにおける要素地震波の選択はかなり重要な意味を持つものと思われる。また、加速度波形による、各地点での最大加速度値を求め、Radiation Pattern を図6に示す。この図は、円の中心に震源を設定し、 $\theta = 0^{\circ}$ の方向に破壊が進むと仮定した場合の、各方位における最大加速度値をプロットしたものである。この図より、Haskell Model は他の2つのモデルに比べ、各方位毎の最大加速度値の差異が明瞭に認められている。これは、Haskell Model における破壊の進行方向の影響が特に明瞭に現れたものと考えられる。また、Haskell Model に比べ、Barrier Model, S.E.G.F. Modelによる最大加速度値の値は、かなり小さな値を示している。計算過程では、なるべく各モデルで用いるパラメータ間の統一を考慮して計算を行っているが、設定した円形クラックからの地震波の値が小さかったものと考えられ、断層面上の不均一性と個々の小断層のパラメータ設定については、より注意深い検討を必要とするものと考えられる。

5. まとめ

以上の解析結果から、3つの断層モデルにより算定される地震動特性に関する相互の比較を行いそれぞれの特徴について、若干の考察を行った。その結果、各モデルによる計算結果には比較的大きな差異が認められた。いずれのモデルにおいても、震源パラメータの設定は大きな問題であり、場合によってモデルを使い分けるような検討方法も必要であろうと考えられる。

<参考文献> 1) N. A. Haskell, BSSA, Vol. 54, 1964 2) N. A. Haskell, BSSA, Vol. 59, 1969 3) S. Papageorgiou & K. Aki, BSSA, Vol. 73, 1983 4) T. Sato & T. Hirasawa, JPE, 1973 5) 神山真, 土木学会年次講演会, 1986 6) 池浦友則・武村雅之, 土木学会年次講演会, 1987

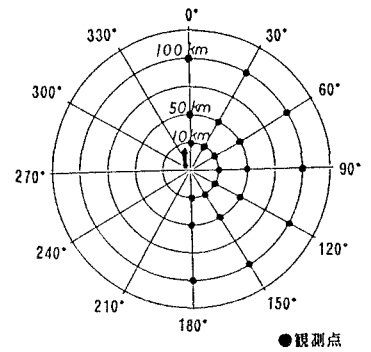


図4. 計算地点の配置図

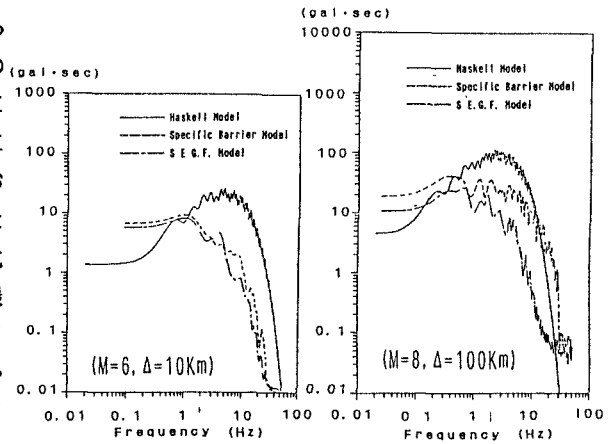


図5. 各断層モデルによる加速度フーリエスペクトルの比較

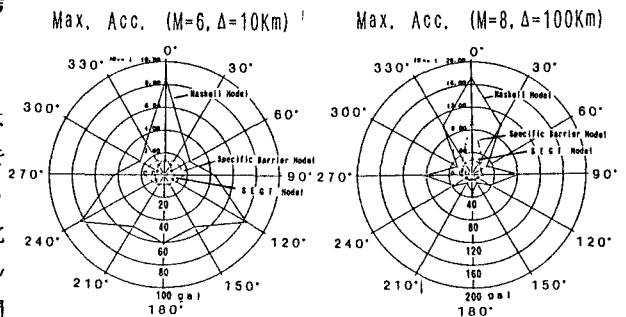


図6. 各断層モデルによる最大加速度値の分布図