

(I - 18) 断層モデルを用いた地震動特性の工学的評価に関する一考察

—— その(2) 道路橋示方書に基づく地震動特性との比較 ——

鹿島建設(株) 正会員 安田益治

フジタ工業(株) 正会員 立山晃

都立大学工学部 正会員 国井隆弘

神奈川大学工学部 正会員 荏本孝久

1. はじめに

一般に地震動特性は、震源特性、伝播経路、観測点近傍の地盤構造によって規定されると考えられる。本研究では断層地震源モデルによって震源特性を考え、伝播経路、観測点近傍の地盤特性をモデル化しこれらの影響を考慮して算出される地震動シュミレーション結果から、最大加速度値—震央距離の関係、加速度応答スペクトル曲線を求め、一例として、同様な条件で道路橋示方書に示された方法により算定される結果と比較し、断層震源モデルによる入力地震動特性の工学的評価と利用法の可能性について基礎的な検討を行った。

2. 計算方法

巨視的断層震源をモデルとしてHaskellモ

デル¹⁾不均質断層震源モデルとしてSpecific・Barrierモデル²⁾

を用いた。HaskellモデルによるS波の加速度ベクトル強度は、

Savage(1972)³⁾によれば、

$$\ddot{U}(\omega) = R(\theta, \phi, r) * \mu LWD \{ (G(\omega) \omega^2) * (F(\omega, \xi) \omega) \}$$

$R(\theta, \phi, r)$: 震源と観測点の位置関係で決まる関数

$G(\omega)$: 震源のズレ時間関数のスペクトル

$F(\omega, \xi)$: 破壊速度、破壊形状と観測点の位置によって決まる関数

によって与えられ、断層震源パラメータは、表-1に示すような主

にマグニチュードを基準とした経験式を用いた。

Specific・Barrierモデルで1つの円形クラックから発せられ

る加速度波形は、佐藤・平沢⁴⁾によると、

$$\frac{d^2 \Omega}{dt^2} = 2Kv\rho_0^2 \cdot \frac{\pi}{(1-k^2)^2} \cdot 2 \cdot \left(\frac{v}{\rho_0}\right)^2, \quad 0 < x < 1-k$$

$$\frac{d^2 \Omega}{dt^2} = 2Kv\rho_0^2 \cdot \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot \frac{-2}{k(1+k)^2} \cdot \left(\frac{v}{\rho_0}\right)^2, \quad 1-k < x < 1+k$$

$$K = \frac{24}{7\pi} \cdot \left(\frac{\Delta\sigma}{\mu}\right), \quad k = \left(\frac{v}{\beta}\right) \sin\theta, \quad x = \frac{v}{\rho_0} \left(t - \frac{r_0}{\beta}\right)$$

θ : 円形断層面に直角で円の中心を通る軸と観測点のなす角度

r : 観測点までの距離

v : 破壊伝播速度

ρ_0 : クラックの半径

β : S波速度

$\Delta\sigma$: 局所応力降下量

μ : 剛性率

よって与えられ、個々の加速度波形を時間領域で重ね合わせることで断層面全体からの加速度波形を求め、さらにフーリエ変換することによって、その加速度フーリエ・スペクトルを求めた。マグニチュード $M=7$ 、媒質の密度 $\rho = 3.0 \text{ g/cm}^3$ 、媒質のS波速度 $\beta = 3.0 \text{ km/sec}$ と仮定して各断層震源パラメータを設定した。

また、Specific・Barrierモデルに於いて、円形クラックの半径は $\rho_0 = 4.38 \text{ km}$ 、個数は縦3個、横5個の総数15個とした⁵⁾。震源断層と、観測点との位置関係を図-1に示す。道路橋示方書との比較は各方向の平均値で行う。

3. 地盤条件

観測点付近の地盤は、東京付近の地盤構造を考慮してモデル化した⁶⁾。道路橋示方書の地盤種別分類によると、2種地盤程度に相当する。この地盤モデルの周波数伝達関数を重複反射理論により算出した結果を図-2に示す。

表1 断層パラメータ

断層の長さ	$L = 10 \cdot (0.5 + H - 1.8)$	(km)
断層の幅	$W = L/2$	(km)
S波速度	$\beta = 3.0$	(km/sec)
破壊速度	$V = 0.72 \cdot \beta = 2.16$	(km/sec)
立ち上がり時間	$\tau = 10 \cdot (0.5H - 2.4) / (2 \cdot \pi)$	(sec)
継続時間	$T_d = L/2.16$	(sec)
最終スレ値	$D = 10 \cdot (0.5H - 1.28) + 0.75$	(cm)
Q値	$Q = 100 \cdot (\beta - 0.49)$	
地震モーメント	$M_0 = \mu \cdot L \cdot W \cdot D$	(dyn-cm)

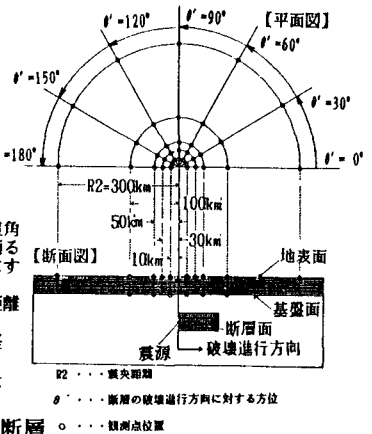


図-1 観測点配置

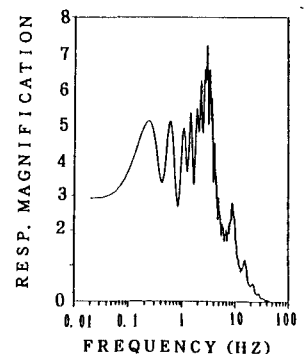


図-2 地盤の周波数伝達関数

4. 計算結果

マグニチュード

ド7の場合の、断層震源モデルにより算出された、最大加速度値-震央距離の関係と、道路橋示方書に示された回帰式を用いた結果を比較した図をHaskellモデルを用いた場合を図-3に示し、Specific・Barrierモデルを用いた場合を図-4に示す。両モデルともに、震央距離10km~100 kmでは道路橋示方書に示されたものと近い値となっているが、300 kmでは低めの値を示している。また、算出された加速度応答スペクトル曲線と、道路橋示方書に示されたものとを比較した結果をHaskellモデルについては図-5、6に示し、Specific・Barrierモデルについては図-7、8に示す。Haskellモデルでは長周期側で低めの値を示し、Specific・Barrierモデルでは、長周期側でやや高めの値を示した。

5. まとめ

本研究では、一例として道路橋示方書に示された方法との比較によって断層震源モデルを用いた計算結果の工学的位置づけについての基礎的な検討を行った。断層震源モデルを使用しての計算結果は、上述した既往の方法とそれ程大きな差異はないが、震源から生成される直達S波のみを対象としており、表面波等、S波以外の波群については考慮されておらず、最大加速度値-震央距離の関係において、300 km付近での最大加速度の低下の一因とも考えられる。また、伝播経路、観測点付近の地盤特性の設定、モデル化の精度、断層震源パラメータの取り上げ方等、今後の課題である。

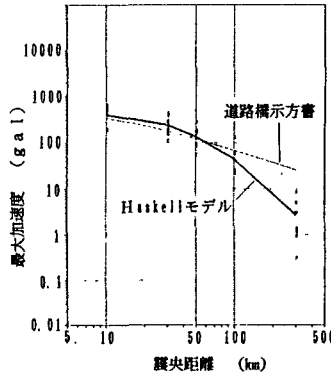


図-3 最大加速度値-震央距離の関係 (Haskellモデル)

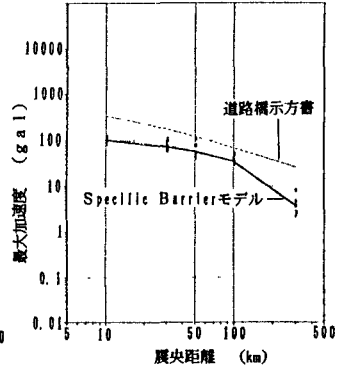


図-4 最大加速度値-震央距離の関係 (Specific・Barrierモデル)

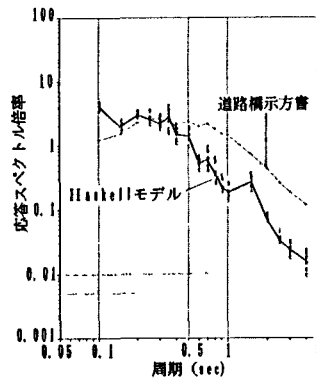


図-5 加速度応答スペクトル曲線 (Haskellモデル, 震央距離10km)

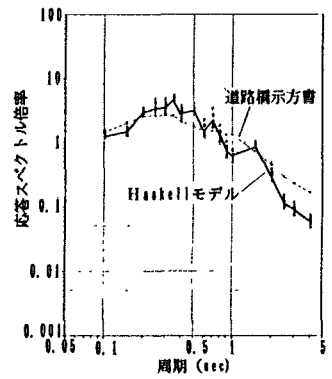


図-6 加速度応答スペクトル曲線 (Haskellモデル, 震央距離100km)

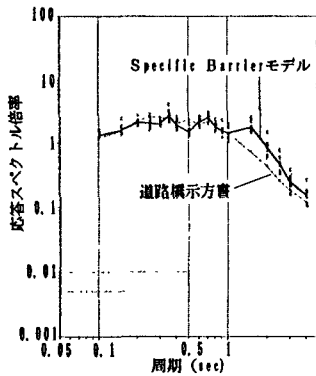


図-7 加速度応答スペクトル曲線 (Specific・Barrierモデル, 震央距離10km)

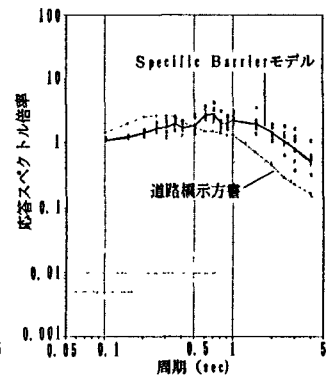


図-8 加速度応答スペクトル曲線 (Specific・Barrierモデル, 震央距離100km)

- <参考文献> 1) N. A. HASKELL : Elastic Displacements in the Near-Field of a Propagating Fault, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 59, No. 2 1969 2) S. PAPAGEORGIOU, KEIICHI AKI : A Specific Barrier Model for the Quantitative Description of Inhomogeneous Faulting and the Prediction of Strong Ground Motion, I. Description of the Model Bulletin of the Seismological Society of America Vol. 73, No. 4 1983 3) J. C. Savage : Relation of Corner Frequency to Fault Dimensions, Journal of Geophysical Research Vol. 77, No. 20, July 10, 1972 4) Tamao Sato, Tomoro Hirasawa : Body Wave Spectra from Propagating Shear Cracks I. Phys. Earth, 21, 1973 5) 神山 真 : 震源断層における断層パッチ寸法の相似則 土木学会第41年次学術講演会講演梗概集 1986 6) 尾瀬 和太 : 深い地盤の振動特性を探る 第13回地盤振動シンポジウム 日本建築学会 1985