

発震機構を考慮した地震危険度解析に関する研究

京都大学工学部 正会員 山田 善一
 京都大学工学部 正会員 野田 茂
 阪神高速道路公団 正会員 ○袴田 文雄

1. まえがき Cornell以来の不確定なM-Δ距離減衰式を用いた地震危険度解析の認識より、本研究では発震機構とシミュレーション手法を導入した危険度予測の方法を提案する。具体的にはHaskel⁽¹⁾の発震機構を考慮した定式化と断層震源のモデル化を試み、当該地点において確率的な応答スペクトルを作製した。地震発生には非定常ポアソン過程を考え、各種震源パラメータと破断特性に変動を導入している。その結果、強震動の経続時間とM-Δ式に物理的な裏付けを与え、危険度の等高線を決定できた。

2. 解析手法 (I) 発震機構とフリスパトル 非ポアソン過程

による活断層の確率モデルの検討より、本研究では平面的な断層(Fig.1)内に移動震源を考えた。破断の伝播はランダムとする。Fig.1の破線は経続時間決定経路であり、強震動の経続時間はこの経路に当る破断要素につきFig.2を参照に求める。Fig.3は要素*j*と地点*S*の関係である。要素*j*がすべり破壊を生じるとき、地点*S*の基盤におけるフリスパトルは、

$$\hat{U}_{ij}(w) = \left(\frac{M_0 R(\theta, \psi, r_0)(w)}{\mu} \right) \cdot \left(\frac{\sin w t_1/2}{w t_1/2} e^{-i w t_1/2} \right) \cdot \left(\frac{\sin w t_2/2}{w t_2/2} e^{-i w t_2/2} \right) \cdot \left(\frac{\sin w t_3/2}{w t_3/2} e^{-i w t_3/2} \right) \quad (1)$$

各項は、Fig.3の位置関係、立ち上り時間、移動震源、

地震波伝播の時間遅れ、距離減衰に關係している。

全破断要素について式(1)を重ね合せ、基盤

の地震波を得る。くり違いの成長はRamp Functionとした。

(II) シミュレーションによる震源モデルの決定 破断運動は*x₁*方向のみ考え、①断層の空間的形狀、②地震モーメント(破断域の決定)

③震源位置と破断領域の位置、④破断速度と立ち上り時間には一様分布を仮定した。Fig.1に示す破断要素ごとにランダムなすべりを生じるとし、⑤要素長は指数分布より決定した。

(III) 地震発生モデル化と一様な危険度をもつPSDの作製

地震発生は経年的な地殻の運動より非定常ポアソン過程とする。

(I)と(II)より求めたPSDの統計量を用い、

各周波数において、震源*j*番目の地震発生による対象地域でレベル*y_j*を超過する条件の確率を

$$P_{yjk} = 1 - \Phi \left(\frac{y_j(u_k) - \bar{y}(u_k)}{\sigma(u_k)} \right) \quad (2)$$

PSDに正規分布の変動を考えている。複数震源*m*を想定し、次式の補間によって

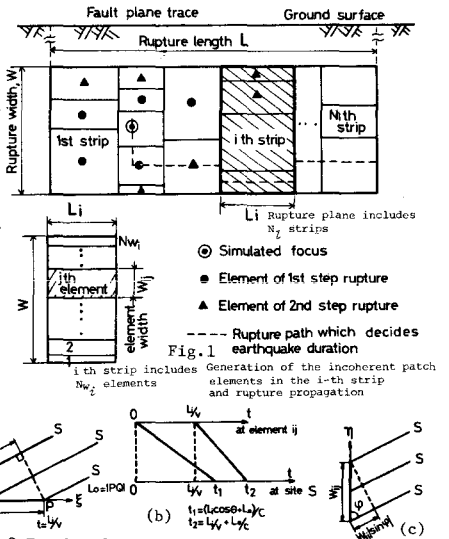
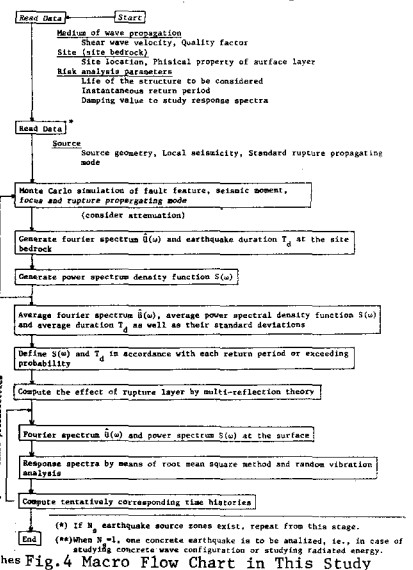


Fig.2 Earthquake Duration in Patch *ij*



YOSHIKAZU YAMADA, SHIGERU NODA, FUMIO HAKAMATA

$$P[Y \geq \lambda_k | u_k] = \sum_{j=1}^m P_{jk} (1 - e^{-a_j(t_k)}) \quad a_j(t_k) = \int_0^{t_k} \mu_j \delta_j t^{j-1} dt \quad \mu, \delta \text{ は地震発生パラメータ} \quad (3)$$

3. 数値計算例 Fig.5 に示す左横ずれ断層(東に 60° 傾斜)と観測地点を想定し、スペクトル形状について考察する。Table 1は震源破断要素地震発生地震波の Table 2 Properties of the Rupture

ら大きい。震源に近い地点ほど高周波数域で大きな値を示すが、断層左面になると減衰している。ある

Table 1 Data used in the Example

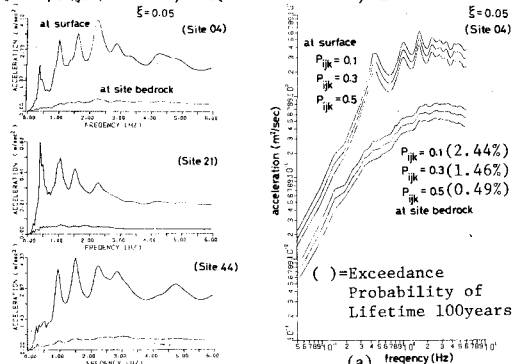
Source	strike angle (degree)	dip angle (degree)	rake angle (degree)	range of focal depth (m)	range of fault dimension (m)
01	045 (north)	6015 (east)	0	4000, 10000	125x25
02	0	0	0	0	0
03	0	0	0	0	0
04	0	0	0	0	0
05	0	0	0	0	0

31.4km

た結果、スペクトルの強度レベルは発震機構によつて方向性を示し、この観点からも Haskell モデルの不完

点の応答スペクトルは基盤のそれによらずほぼ相似な形状をもち、この例では軟弱な地表地盤を規準化する効果をもつ地震動の定常

Figure 6 displays three sets of plots showing the transfer function for three different sites (Site 04, Site 21, and Site 62) at three different depths (0.05, 0.1, and 0.3). The plots are arranged in a grid. The top row shows the transfer function at the surface (at surface) for Site 04, Site 21, and Site 62. The middle row shows the transfer function at a depth of 0.05 for Site 04, Site 21, and Site 62. The bottom row shows the transfer function at a depth of 0.1 for Site 04, Site 21, and Site 62. The x-axis for all plots is frequency (Hz) on a logarithmic scale from 10⁻¹ to 10¹. The y-axis is the transfer function magnitude on a logarithmic scale from 10⁻² to 10². The plots show the magnitude of the transfer function versus frequency. The transfer function is generally higher at the surface and decreases with depth. The transfer function is also generally higher for Site 04 compared to Site 21 and Site 62.



(参考文献) (1) "Methods for Prediction of Strong Earthquake Ground Motion," Final Report, Dept. of Civil Engineering, Univ. of Southern California, NUREG/CR-0689, May 1979. (2) Veneziano, D. and Cornell, C.A., "Earthquake Models with Spatial and Temporal Memory for Engineering Seismic Risk Analysis," Dept. of Civil Engineering, M.I.T., Research Report R78-18, May 1974. (3) Haskel, N.A., "Total Energy and Energy Spectral Density of Elastic Wave Radiation from Propagating Faults," BSSA, Vol. 54, No. 6, pp. 1811-1841, December 1964. (4) Kiureghian, A.D. and Ang, A.H-S., "A Fault-Rupture Model for Seismic Risk Analysis," BSSA, Vol. 67, No. 4, pp. 1173-1194, August 1977.

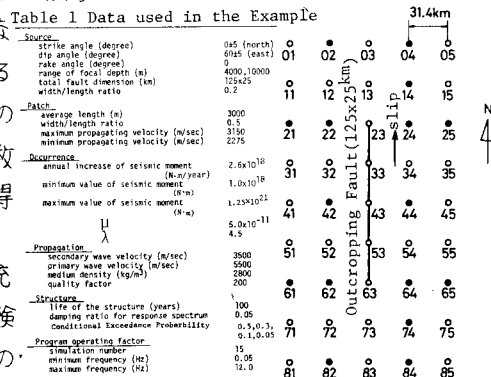


Fig.5 Location of Sites
and Fault

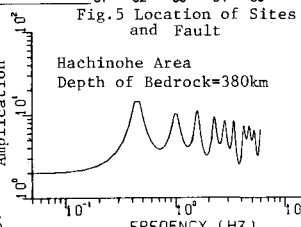


Fig.6 Transfer Function

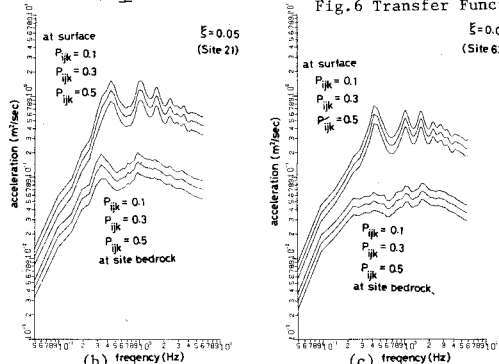


Fig.8 Uniform Risk Response Spectra