

I-B 211

断層モデルによる地震動予測式の作成法
—断層パラメータの定量評価および地震動のばらつき—

財団法人大阪土質試験所	正	○香川 敬生, 田居 優
佐藤工業株式会社	正	中村 晋
日本原子力研究所	正	蛭沢 勝三
京都大学防災研究所	正	亀田 弘行

1. はじめに

本報告では、断層モデルによる地震動予測式作成に関する一連の研究の流れ^{1)~3)}に基づき、対象とする地震発生域における断層パラメータの評価をおこない、対象地域の震源スペクトルのモデル化をおこなう。次に、対象地域の伝播経路特性、対象地点のサイト増幅特性を導入し、サイトを固定した地震動予測方法について述べる。また、導出された予測地震動のばらつきの評価について検討を実施する。

2. 震源特性の地域性とそのモデル化

インバージョン解析³⁾⁴⁾により地域の伝播経路特性、およびサイト増幅特性が求められている。これらを用いることにより、インバージョン解析に用いなかった任意地震による観測記録のスペクトルから震源スペクトルを算出することができる。また、算出した震源スペクトルから震源パラメータを推定することも容易である⁵⁾。このようにして求めた、地域の震源特性(ストレス・ドロップ分布)について、図-1に示す。算出されたストレス・ドロップは、茨城県沖を除いて小さめに与えられている。この結果は、既往研究によるこの付近の地震の特徴⁶⁾と整合している。したがって、茨城県沖におけるサブダクション型の地震を対象とする場合、対象とする地震モーメントと50~100bar程度のストレス・ドロップ値を与えることにより、その震源スペクトルをモデル化することが可能であると考えられる。

また、本検討では、はざとり解析²⁾により表層からの反射波を除いた基盤入射波を与えてインバージョン解析に用いている³⁾。このためサイト増幅特性が絶対量として評価できるものと考えられる(文献3)の図-4)、インバージョン解析に特有の震源特性とサイト増幅特性の干渉が無く、得られた震源特性の信頼性は高いと考えられる。

3. 中小地震の地震動予測とそのばらつき

地震モーメントとストレス・ドロップが与えられた場合、 ω^{-2} 則に基づく理論震源スペクトル⁷⁾、インバージョン解析より求めた伝播経路特性(Q値)、サイト増幅特性を用いて、対象サイトにおける予測スペクトルを作成することができる。このようにして

求めた予測スペクトルの観測スペクトルに対する比を図-2に示す。図には、比のばらつきを対数標準偏差として示している。5 Hz以上の高周波数で予測スペクトルが観測スペクトルよりも著しく大きくなる傾向が見られる。

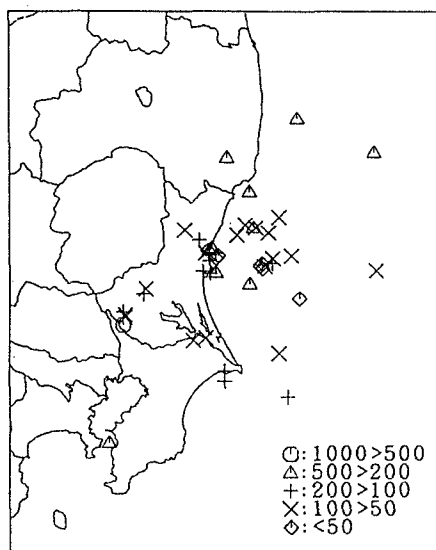


図-1 対象地域の地震の震源特性
(ストレス・ドロップの分布)

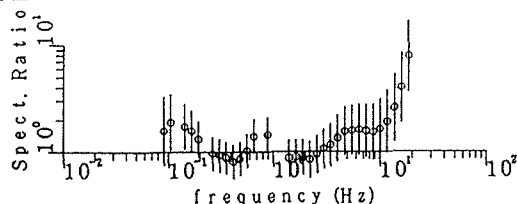


図-2 理論震源スペクトルによる予測スペクトルの、
観測スペクトルに対する比の平均と標準偏差

そこで、理論震源スペクトルに高周波限界 f_{max} を導入して補正をおこなう。 f_{max} 補正を考慮した震源スペクトルとして、本研究では以下の表現を用いる⁸⁾⁹⁾。

$$F_A(f) = R_{\theta\phi} \cdot FS \cdot PRITIN \frac{\pi M_0 f^2}{\rho V_s^3} \frac{1}{1 + (f/f_c)^2} \frac{1}{1 + (f/f_{max})^n} \quad (1)$$

ここで、 M_0 は地震モーメント、 $R_{\theta\phi}$ はラディエーション係数（0.63を仮定）、 FS は地表の効果（2を仮定）、 $PRITIN$ は波動エネルギーの分配係数（ $1/\sqrt{2}$ を仮定）、また V_s , ρ は地震が発生する媒質のS波速度および密度である。また、コーナー周波数 f_c と f_{max} は、

$$f_c = 4.9 \times 10^6 V_s \left(\frac{\Delta\sigma}{M_0} \right)^{1/3} \quad (2)$$

$$f_{max} = 7.31 \times 10^3 M_0^{-0.12} \quad (3)$$

の関係式で表現する。ここで、 D_s はストレス・ドロップである。また、(1)式中の f_{max} に関する係数は、 $n=1$ を用いることにする⁸⁾。補正後の観測に対する予測スペクトルの比を図-3に示す。20Hz付近ではまだ予測スペクトルの方が大きいものの、観測スペクトルを良好に予測することができているものと思われる。

これまでの比較は、インバージョン解析に用いた地震だけを対象としており、良好な予測スペクトルが得られることはある意味で当然と言える。そこで、インバージョン解析に用いなかった中小地震動を追加し、図-3に示したものと同様の解析を実施した。

その結果を図-4に示す。観測スペクトルに対する予測スペクトルの比は、5Hzよりも低周波数ではほぼ1.3、それよりも高周波数では約10Hzで2.4をピークとし

た値になっており、高周波数側の予測スペクトルがやや過大評価になる傾向が見られる。スペクトル比のばらつきを対数標準偏差で表すと、5Hzよりも低周波数では0.1程度、それよりも高周波数では漸増し、20Hz付近で0.3となっている。この結果は、本研究の導入報告¹⁾にも示されている。高周波数帯域で予測スペクトルが2倍程度となり、ばらつきも大きいことに関しては、先に述べた f_{max} 補正に関して更に詳細な検討を実施する必要があると思われる。

4. おわりに

対象サイトと対象震源域を特定し、地域の震源、伝播経路特性およびサイト増幅特性を個別に評価することにより地震動予測式の作成を試みた。このように、震源理論に忠実でありながら地域の地震動特性を十分に反映させることにより、従来の地震動予測式に比べてばらつきの著しく小さい地震動予測をおこなうことができた。

今回の検討は中小地震動の評価に留まったが、今後は大地震動の予測についても検討を継続して行きたいと考えている。また、高周波数帯域の予測精度を更に向上させるため、 f_{max} 補正の方法についても更に検討を進めたい。

参考文献

- 1) 蛭沢勝三他：土木学会第51回年次学術講演会概要集, 1996, 2) 中村晋他：同概要集, 1996, 3) 田居優他：同概要集, 1996, 4) 岩田・入倉, 地震, 2, 39, 579-593, 1986, 5) Andrews, Geophys. Monograph, 37, 259-267, 1986, 6) 武村他, 地震, 第2輯, 42, 349-359, 1989, 7) Boore, BSSA, 73, No. 6, 1865-1894, 1983, 8) Kamae and Irikura, 10WCEE, 801-806, 1992, 9) Faccioli, Geophys. Monograph, 37, Maurice Ewing, AGU, 6, 297-309, 1986

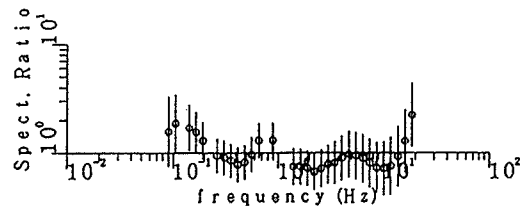


図-3 図-2に f_{max} 補正を施したもの

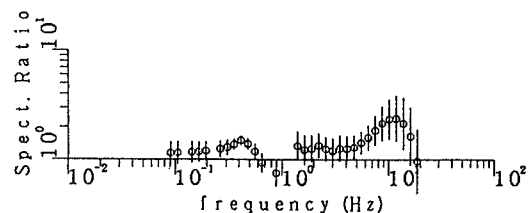


図-4 図-3にインバージョンに用いなかった地震を加えたもの