

## I-407

## 応答スペクトル推定における不確定性と地盤情報の関係

京大工学部 正員 ○亀田弘行

京大工学部 正員 杉戸真太

本田技研 正員 樫田俊一

1. はじめに 想定地震に対する着目地点での応答スペクトルの予測は、構造物の耐震設計上基本的な課題である。これまでに、過去の強震記録を用いて、マグニチュードと震央距離より応答スペクトルを推定するモデル<sup>1)</sup> (アテニュエーション・モデル) が作成されているが、データのばらつきは大きい。本報では、着目地点における地盤情報を定量的に表現した地盤パラメータを、応答スペクトルの推定モデルに導入する事により、応答スペクトル推定における不確定性をどの程度低減出来るか試みた。さらに応答スペクトルを平滑化する事により、地盤の周波数特性を除去した場合との比較も行った。

## 2. 本研究で用いた強震記録と地盤パラメータ

本研究で用いた強震記録は文献<sup>2)</sup>で選定されたわが国の沖・洪積地盤上での主な記録91成分である。そのマグニチュードと震央距離の分布を図-1に示す。

地盤パラメータは、標準貫入試験より得られるN値分布より算出される、地盤の軟弱さの指標 $S_n$ <sup>3)</sup>と、さらに深い部分の地盤条件を評価するための基盤深さ $dp$ <sup>3)</sup>を用いた。なお、前記91成分中 $S_n$ が得られている地点の記録は72成分であり、 $dp$ が得られている地点での記録は40成分である。

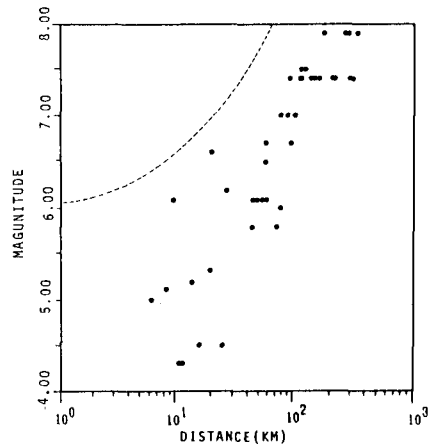


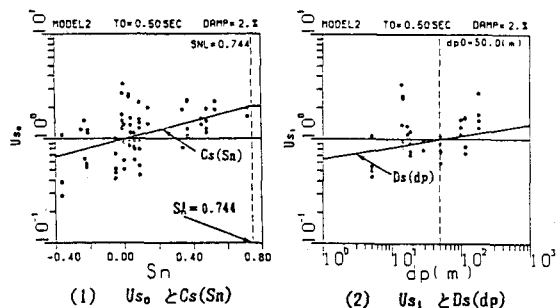
図-1 本研究で用いた強震記録91成分のM, Δ分布図

## 3. 地盤情報を考慮した応答スペクトルの推定モデルの作成

上記91成分の記録に対し、0.1~7.0秒、減衰定数2%~40%の疑似加速度応答スペクトルを算出した。さらにこれらを有効スペクトル<sup>4)</sup>により平滑化したものを算出した。これらの2種類の応答スペクトルをマグニチュード(M)と震央距離(Δ)に対して次式より重回帰分析し、アテニュエーション・モデルを作成した。

$$\log S_a(T) = B_0(T) + B_1(T) \cdot M - B_2(T) \cdot \log(\Delta + 30) \quad (1)$$

個々のデータの推定式からのこのモデルのばらつき( $U_{s0}$ )を各周期ごとに $S_n$ により回帰分析し $S_n$ による補正係数 $C_s(S_n)$ を決定した。さらに、 $S_n$ を導入してもなお残るばらつき( $U_{s1}$ )を $\log(dp)$ により回帰分析し、 $dp$ による補正係数 $D_s(dp)$ を決定した。図-2に $T=0.50$ 秒、 $h=2\%$ におけるデータのばらつきとこれらの補正係数との関係を示した。

図-2 データのばらつきと $S_n$ ,  $dp$ による補正係数の関係

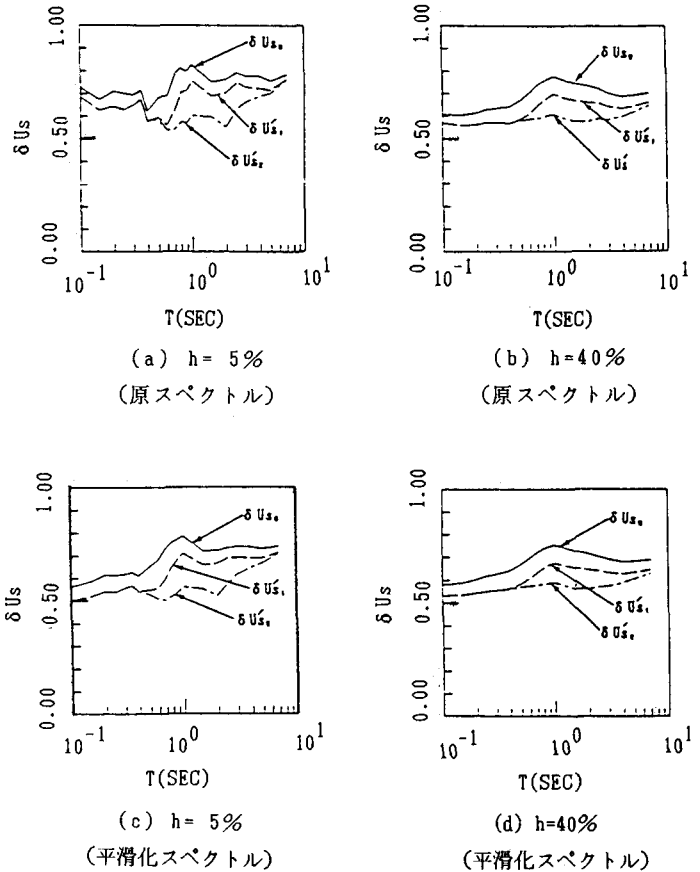
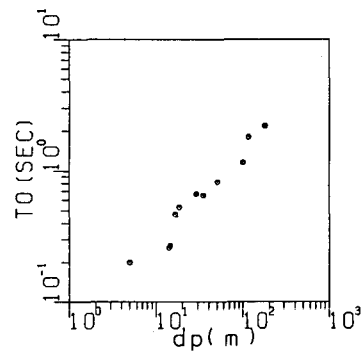
(T=0.50秒, h=2%)

## 4. 地盤情報を考慮した推定モデルにおける不確定性の評価

アテニュエーション・モデルのデータの変動係数 ( $\delta U_{s0}$ ),  $S_n$  を考慮した場合の変動係数 ( $\delta U_{s1}$ ), さらに  $dp$  を考慮した場合の変動係数 ( $\delta U_{s2}$ ) を比較し, 推定モデルにおける不確定性と地盤情報の関係を検討した。これらを比較した図-3を見ると,  $S_n$  や  $dp$  を導入する事による推定モデルの不確定性の低減効果がわかる。 $S_n$  を導入した場合には全周期でほぼ一様に低減しているのに対して,  $dp$  を導入した場合には0.8~3.0秒程度の中周期域で大幅に低減している。 $dp$  は, 表層地盤の卓越周期とよく対応する(図-4)ことから, 地盤の卓越周期に起因すると考えられる中周期域のばらつきを大きく低減するものと考えられる。この結果, 2つのパラメータを導入する事により, 変動係数が周期によらずほぼ一定になる事がわかる。

さらに, 原スペクトルと平滑化スペクトルの変動係数を比較すると, 減衰定数が大きい場合には両者の差は小さいが, 減衰定数が小さい場合には原スペクトルの変動係数は平滑化スペクトルの変動係数に比べて, 周期方向に大きく変動しており, 地盤の周波数特性の影響がうかがえる。

以上のように, 応答スペクトル推定における2つの地盤パラメータ  $S_n$ ,  $dp$  を導入することにより不確定性が低減し, 周期軸上で(数秒程度までの範囲で)ほぼ一様の値となることが明らかにされた。ただし,  $S_n$ ,  $dp$  を考慮しても残る不確定性は依然として小さくない。これらには, 震源メカニズムや地震波の伝播経路に関する要因に加えて, 局所的な地盤の不整形性などの地盤条件に関する要因も依然として含まれているものと考えられる。通常, 地震動予測に取り入れることのできる比較的簡単な地盤パラメータを用いた場合には, 図-3に示される程度の不確定性の減少がほぼ限界に近いものと考えられる。

図-3 推定モデルに  $S_n$ ,  $dp$  を導入することによる変動係数の変化図-4 地盤の卓越周期と  $dp$  の関係

- <参考文献> 1)たとえば, 片山・岩崎・佐伯, 土木学会論文報告集, No.275, 1978  
 2)H.Kameda, M.Sugito & H.Goto; Third International Earthquake Microzonation Conference, Seattle, June 28-July 1, 1982  
 3)杉戸・亀田: 土木学会第38回年次学術講演会, I-418, 昭.58.9.  
 4)亀田・杉戸: 第14回地震工学研究発表会, 1976.7, pp.117-120