

地震動の最大加速度/最大速度比の統計解析

村本建設(株) 正員 清水健男  
徳島大学工学部 正員 平尾 潔

徳島大学工学部 正員 沢田 勉

1. はじめに 地震動特性は、強度特性、周波数特性及び非定常特性に大別される。構造物の耐震設計を合理的に行うためにはこれらの地震動特性を適切に反映した地震荷重を設定することが必要である。その際に、上述の地震動の諸特性がなるべく少ないパラメータで表現できれば便利である。本研究では、強度特性を表す地震動の最大加速度  $a$ 、最大速度  $v$  の比  $a/v$  に着目し、日本で得られた数多くの実地震動記録を用いて  $a/v$  と周波数特性の関係を検討した。また、 $a/v$  の地震マグニチュード、震央距離及び地盤条件に対する依存性を明らかにし、回帰分析より  $a/v$  の予測式を作成した。

2. 地震動の最大振幅比  $a/v$  とスペクトル特性の関係

図-1 は、解析に用いた加速度、速度波形の一例で、図中にはそれらの最大振幅  $a$  および  $v$  を示した。図-2 には、図-1 の加速度波形のフーリエスペクトルを示した。図中には、このフーリエスペクトルの卓越振動数  $f_p$ 、平均振動数  $f_a$ 、及び不規則指数  $q$  を示した。不規則指数  $q$  は、スペクトルの広がりを表すパラメータで、0~1 の値をとり、 $q$  が 0 に近い程スペクトルは狭帯域になる。<sup>1)</sup>  $a/v$  とこれらのスペクトル特性の関係を調べたところ、 $a/v$  と  $f_p$ 、 $a/v$  と  $f_a$  の間には両対数紙上で正の相関関係が、 $a/v$  と  $q$  の間には、負の相関関係があることが分かった。<sup>2)</sup> つまり、 $a/v$  が小さくなる程、卓越振動数、平均振動数が低く、スペクトルの帯域幅は広がる。図-3 には、 $a/v$  と  $f_p$  の関係を示した。

3.  $a/v$  とマグニチュード、震央距離及び地盤条件の関係 一般に、軟弱地盤で得られた遠距離地震動では卓越振動数が低く、速度振幅が大きくなるため、 $a/v$  の値が小さく考えられる。ここでは、このことを定量的に把握するため、最大振幅比  $a/v$  とマグニチュード  $M$ 、震央距離  $\Delta$  及び地盤条件の関係を検討する。本研究の数値解析では、次のような条件に合うデータを選び使用した。(a) 地盤の  $N$  値が既知の地点で得られたデータ、(b) 水平成分、(c) マグニチュード  $M$  が 5 以上のデータ、(d) 震央距離  $\Delta$  が 1 km 以上のデータ。地盤条件を定量的に表す指標として、地盤卓越周期  $T_g$  (sec) を用いた。 $T_g$  は、次式により算出した。

$$T_g = 4 \sum_{i=1}^n H_i / V_{s,i} \quad (1)$$

ここで、 $T_g$  = 地盤卓越周期、 $H_i$  =  $i$  番目の地層の厚さ、 $V_{s,i}$  =  $i$  番目の地層の平均 S 波速度である。

S 波速度  $V_{s,i}$  は、以下の式より算出する。<sup>3)</sup>

粘性土の場合  $V_{s,i} = 100N_i^{1/3} \quad (1 < N_i < 25)$

砂質土層の場合  $V_{s,i} = 80N_i^{1/3} \quad (1 < N_i < 50)$

ここで、 $N_i$ : 標準貫入試験による  $i$  番目の地層の平均  $N$  値  $i$ : 当該地盤

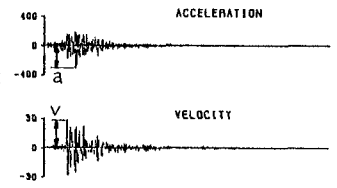


図-1 観測記録の一例

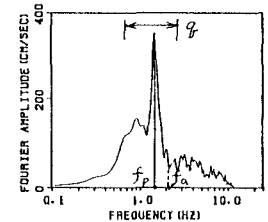


図-2 加速度波形のフーリエスペクトル

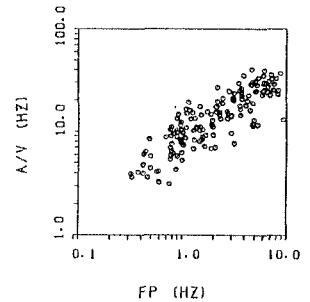


図-3  $a/v$  と卓越振動数  $f_p$  の関係

が、地表から基盤まで n 層に区分される時の地表面から i 番目の地層番号。

図-4~6には、a/v と M, Δ, T<sub>g</sub>の関係を示す。これらの図より、a/v とマグニチュード、震央距離及び地盤卓越周期の間には、ばらつきは大きいものの片対数または両対数紙上で負の相関関係のあることが分かった。

4. 最大振幅比a/vの回帰分析 a/v とマグニチュードM、震央距離Δ及び地盤卓越周期T<sub>g</sub>の回帰分析を行いa/vの予測式を作成した。

説明変数をM, log Δ, 及びlog T<sub>g</sub>とし、従属変数をlog(a/v)とした次の回帰式を仮定した。

$$\log(a/v) = b_0 + b_1 M + b_2 \log \Delta + b_3 \log T_g \quad (2)$$

式(2)による回帰分析を行った結果、次のような回帰式が得られた。

$$a/v = 40.665 \times 10^{-0.070M} \times \Delta^{-0.120} \times T_g^{-0.050} \quad (3)$$

図-7には、式(3)より得られるa/vの予測値とa/vの観測値の関係を両対数紙上に示した。この場合の重相関係数は、R=0.76である。図-8には、a/v とT<sub>g</sub>の関係を両対数紙上に示した。図中の直線は、MとΔを固定したときの回帰直線(M=5~8, Δ=20~200)を示す。図よりばらつきは若干大きいものの、回帰直線は全体の傾向を良く表していることが分かる。

5. おわりに 最大振幅比a/vは、スペクトル特性を表す優れた指標になることが分かった。また、a/vのマグニチュード、震央距離及び地盤卓越周期に対する回帰分析を行い、予測式を作成した。今後、このa/vを地震動特性の分類や、地震荷重の設定、あるいは、模擬地震動の作成のために応用していきたい。

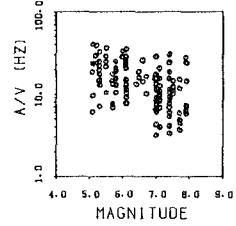


図-4 a/v とMの関係

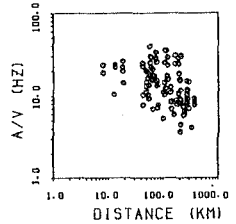


図-5 a/v とΔの関係

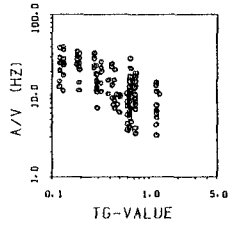


図-6 a/v とT<sub>g</sub>の関係

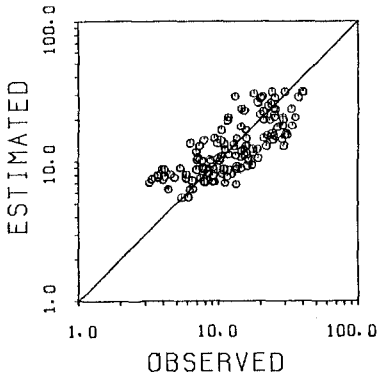


図-7 a/vの予測値と観測値の関係

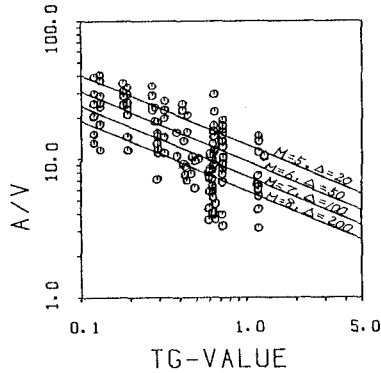


図-8 a/vと地盤卓越周期T<sub>g</sub>の関係

6. 参考文献

- (1) 星谷：確率論手法による振動解析，鹿島出版。
- (2) 沢田 他：第21回地震工学研究発表会，1991年。
- (3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説・耐震設計編。