

徳島大学 正員 宇都宮英孝
 徳島大学 正員 澤田 勉
 徳島市 正員 立石 康雄

1. まえがき 地震動の強さの尺度に関する研究はこれまでも多くの研究者によりなされ、その特性が明らかにされつつある。しかし、地震動は複雑な動特性を有するため不明な点も多く、いまだ決定的な結論は得られていない。本文では、地震動強さを表わすパラメーター相互の関係、およびそれらが応答スペクトルに与える影響を明らかにするため、相関分析、主成分分析を行ない、二、三の考察を加えた。

2. 地震記録 対象とした地震波形は、文献(3)および文献(4)に記載されている記録のうち、最大加速度30 gal以上、継続時間5~40 secの42個を選び、高域フィルターを通して長周期成分を除去したものである。

3. 地震動の特性パラメーター 地震動を特性づけるパラメーターは、現在まで種々のものが提案されている。本文で用いたパラメーターを以下に列挙する。

- (a) 絶対最大加速度: $|\ddot{Y}|_{\max}$ (b) 絶対最大速度: $|\dot{Y}|_{\max}$ (c) 絶対最大変位: $|Y|_{\max}$
 (d) 自乗平方根加速度: $IA = [\int_0^{T_d} \{\ddot{y}(t)\}^2 dt]^{1/2}$ —— (1) (e) 自乗平方根速度: $IV = [\int_0^{T_d} \{\dot{y}(t)\}^2 dt]^{1/2}$ —— (2)
 (f) 自乗平方根平均加速度: $I Arms = [\int_0^{T_d} \{\ddot{y}(t)\}^2 dt / T_d]^{1/2}$ —— (3)
 (g) 自乗平方根平均速度: $IV rms = [\int_0^{T_d} \{\dot{y}(t)\}^2 dt / T_d]^{1/2}$ —— (4) (h) 絶対最大加速度が生ずる時刻までの自乗平方根加速度: $I A_{\max}$, Drenick が最悪地震の解析に用いたパラメーターである。⁽⁵⁾
 (i) 減衰スペクトル強度: SI , これは Housner が定義したパラメーターで、減衰速度応答スペクトルの周期0.1 sec から2.5 secの間に含まれる部分の面積である。 (j) 継続時間: T_d , 本文では、Trifunacらの定義に従い、地震波形記録の2乗値の累積積分値がその最終値の5%に達する時刻と95%に達する時刻との差を継続時間とした。
 (k) 卓越振動数: f_p , 地震波形のパワースペクトル密度 $G(f)$ の図心に相当する振動数を用いた。
 (l) 不規則指数: q , パワースペクトル密度 $G(f)$ の広がり具合を示すパラメーターで、 q が0に近いときは狭帯域、1に近いときは広帯域となる。
 $q = [1 - \{\int_0^\infty f G(f) df\}^2 / \{\int_0^\infty G(f) df \int_0^\infty f^2 G(f) df\}]^{1/2}$ —— (5)

4. 応答スペクトル 減衰定数 $\zeta = 0.02$, 固有周期0.1~10.0 secの構造系の加速度応答スペクトルを求めた。

5. 解析方法 (a) 相関分析: 地震動特性パラメーター相互の相関係数を求めた。主な特性パラメーター相互の相関係数を表-1に示す。表より、地震動強さパラメーター $|\ddot{Y}|_{\max}$, $|\dot{Y}|_{\max}$, $|Y|_{\max}$, IA , $I Arms$, SI 相互の相関が高いこと、強さパラメーターと他の特性パラメーターとの相関は小さいこと、卓越振動数と不規則指数には身の相関があることがわかる。図-1に強さパラメーター相互の相関の度合いを図示した。

大別すると絶対最大加速度のグループと、絶対最大速度のグループに分けられるが、 IA と $I Arms$ はその中間的性質をもつことがわかる。つぎに、強さパラメーターと加速度応答スペクトル値との相関係数を求

表-1 地震動の特性パラメーターの相関係数

	$ \ddot{Y} _{\max}$	$ \dot{Y} _{\max}$	$ Y _{\max}$	IA	$I Arms$	SI	T_d	f_p	q
$ \ddot{Y} _{\max}$	1.000	0.878	0.770	0.888	0.920	0.866	0.120	-0.395	0.448
$ \dot{Y} _{\max}$	0.878	1.000	0.937	0.900	0.901	0.959	0.183	-0.551	0.584
$ Y _{\max}$	0.770	0.937	1.000	0.883	0.854	0.870	0.282	-0.470	0.493
IA	0.883	0.900	0.883	1.000	0.944	0.889	0.388	-0.421	0.479
$I Arms$	0.920	0.901	0.854	0.944	1.000	0.881	0.110	-0.420	0.469
SI	0.866	0.959	0.870	0.889	0.881	1.000	0.221	-0.647	0.655
T_d	0.126	0.183	0.282	0.388	0.110	0.221	1.000	-0.248	0.282
f_p	-0.395	-0.551	-0.470	-0.421	-0.420	-0.647	-0.248	1.000	-0.789
q	0.448	0.584	0.493	0.479	0.469	0.655	0.282	-0.789	1.000
PC 1	0.886	0.973	0.941	0.946	0.932	0.956	0.277	-0.599	0.619
PC 2	0.134	0.044	0.151	0.134	0.144	-0.121	-0.196	0.750	-0.647
PC 3	0.328	-0.059	0.174	0.015	-0.221	-0.103	0.670	-0.027	0.048

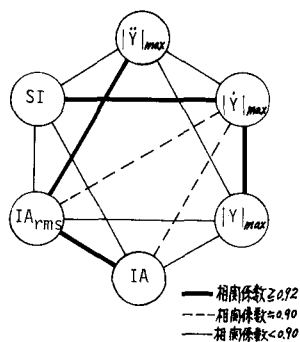


図-1 地震動強さパラメータの相関度

めた。図-2 ($\zeta=0.02$)、図-3 ($\zeta=0.10$)に結果を示す。これらの図より、短周期部分では $\ddot{Y}|_{max}$ が、比較的長周期部分では $\dot{Y}|_{max}$ 、 $\dot{Y}|_{max}$ 、 $\dot{Y}|_{max}$ 、 $\dot{Y}|_{max}$ 、 $\dot{Y}|_{max}$ が相関が高く、 IA 、 IA_{rms} はその中間の特性をもつことがわかる。

また、 IA_{max} は全域的に相関が低く、強さパラメータとして不適当である。

(b)主成分分析：主成分分析とは多くの特性値のもつ情報を少数個の総合特性値(主成分)に要約する手法である。前述の12個の地震動特性パラメータの主成分分析を行なった。表-1の下3欄に第1、第2、第3主成分と特性パラメータとの相関係数を示した。これより、第1主成分は強さパラメータを、第2主成分は卓越周期を、第3主成分は継続時間の影響を主に受けることがわかる。

図-4に、第1主成分と加速度応答スペクトルの相関係数を示した。同図中には、 $\dot{Y}|_{max}$ の相関係数もプロットした。図より、第1主成分が $\dot{Y}|_{max}$ に類似の特性をもつことがわかる。

6. 考察および結論 解析結果より得られた結論を以下に列挙する。

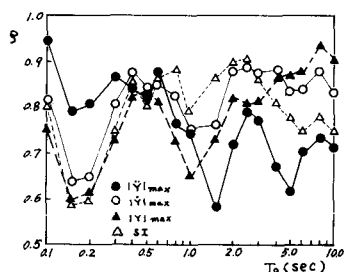
- (1) 地震動強さパラメータは、絶対最大加速度のグループと絶対最大速度のグループに大別される。自乗平方根加速度と自乗平方根平均加速度はそれらの中間的性質をもつ。
- (2) 応答スペクトルとの相関では、短周期部分との相関が強いものとして $\ddot{Y}|_{max}$ 、 IA 、 IA_{rms} 、比較的長周期以上の部分と相関が強いものとして、 $\dot{Y}|_{max}$ 、 IV 、 IV_{rms} が挙げられる。とくに、長周期部分では、求め易さの点から $\dot{Y}|_{max}$ が比較的良好的なパラメータであると思われる。また、主成分分析の結果、第1主成分は絶対最大速度と類似の特性をもつことがわかった。
- (3) 卓越振動数と不規則指数は負の相関がある。すなわち、卓越振動数が高い地震動ほど狭帯域になるという結果が得られた。
- (4) 絶対最大加速度が生ずる時刻までの自乗平方根加速度は応答スペクトルとの相関が低く、強さパラメータとして不適当である。

最後に、本文で用いた資料を御貸与下さいました京大防災研 土岐三教授に謝意を表します。

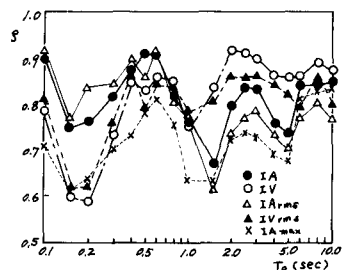
参考文献 1) 星谷勝地、平均応答スペクトル作成に関する一考察、土木論文集、No.212、1974、12。

2) S-C.Liu, On Intensity Definitions of Earthquake, ASCE, ST5、1969。3) California Inst. of Tech. Strong Motion Earthquake Accelerograms, Digitized and Plotted Data, Vol. II, Sep., 1971。4) 土田、山田、倉田、

港湾地域地震観測点資料 5) Drenick, Aseismic Design By Way of Critical Excitation, ASCE, EM4、1973。

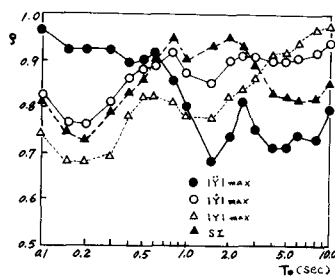


(a) $\dot{Y}|_{max}$, $\dot{Y}|_{max}$, $\dot{Y}|_{max}$, SI

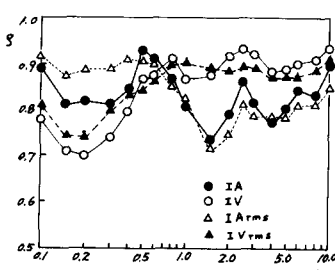


(b) IA , IV , IA_{rms} , IV_{rms} , IA_{max}

図-2 地震動強さパラメータと応答スペクトルの相関 ($\zeta=0.02$)



(a) $\dot{Y}|_{max}$, $\dot{Y}|_{max}$, $\dot{Y}|_{max}$, SI



(b) IA , IV , IA_{rms} , IV_{rms}

図-3 地震動強さパラメータと応答スペクトルの相関 ($\zeta=0.10$)

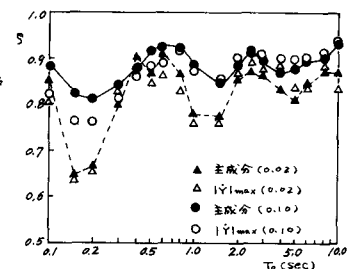


図-4 地震動強さパラメータの主成分と応答スペクトルの相関