

京都大学大学院 学生員・橋本修身

京都大学工学部 正会員 後藤尚男

同 同 亀田弘行

1. まえがき

地震危険度の評価に重要な地震動パラメータとして、最大加速度、最大速度、最大変位などが考えられる。耐震設計においては、多くの場合、最大加速度が用いられており、これを、震央でのマグニチュード、および震源距離（震央距離）から統計的に推定しようという研究が、従来より数多くなされてきた。しかしながら、最大速度、最大変位に関しては、わが国ではまだ行われていないようである。本研究では、国内で得られた強震記録に測定誤差に対する補正を施して得られた最大加速度、最大速度、最大変位、全パワーとマグニチュード、および震央距離との関係式（Attenuation式）を重回帰分析によって求め、設計地震力決定のための資料を得ようとした。

2. 使用した記録

今回の報告では、わが国でSMAC型強震計によって観測された加速度波形のうち、道路橋耐震設計指針に基づく第3種地盤上での水平方向、45成分を用いた。SMAC型強震計より得られた加速度原記録は、基線の不安定さによる低振動数誤差、高振動数領域での感度低下等の測定誤差を含んでいる。これらの誤差成分を除去するため、使用した波形はすべて0.15Hz～10Hzの帯域幅を持つデジタルフィルタによって補正したものである¹⁾。

ここでは、補正加速度波形から求めた補正最大加速度(gal)、最大速度(kine)、最大変位(cm)、全パワー(gal²·sec)、および補正前の加速度原記録から求めた最大加速度(gal)の5種のパラメータについて解析を行った。図-1に、取り扱った記録のマグニチュードと震央距離の分布を示す。工学目的から考えると、マグニチュードが大きく、震央距離の短い領域のデータが地震危険度の面において特に重要であるが、このような記録が少ない事を留意して解析結果を取り扱うことが必要であろう。

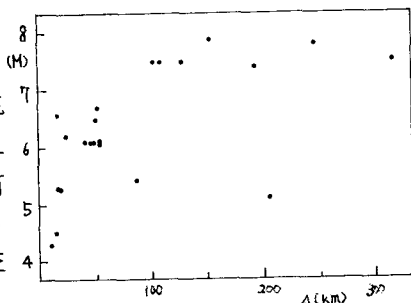


図-1 使用した記録のマグニチュードと震央距離の関係

3. 解析方法 および解析結果

地震動パラメータとマグニチュードM、および震央距離Δ(km)との関係式は次式の形が多く採用されている。

$$y_c = 10^{(a+b \cdot M)} / (\Delta + C_0)^{b_2} \quad \text{--- (1)}$$

$$U = y_m / y_c \quad \text{--- (2)}$$

ここに、 y_c は地震動パラメータの推定値であり、実測値 y_m のばらつきは(2)式のUによって表わす。解析には(1)式の常用対数をとった式を用いて、M、 $\log(\Delta + C_0)$ を独立変数とした重回帰分析を行ない、各係数bに求めた。また、 C_0 としては0、10、20、40(km)の5種を採用した。これらの各係数の値を表-2に示す。あわせて同表には、各回帰式の重回相関係数R、および(2)式の自然対数をとった $\ln U$ の標準偏差 $\sigma(\ln U)$ も記載した。これらの結果より次の事項が与えられた。

1) ‘最大加速度の回帰式において、補正を施した記録から求めた式では原記録を用いた場合と比べて、 b_1 、 b_2 の値にはあまり差がないようであるが、 b_1 の値はいくぶん大きくなっている。これは、補正後の最大加速度値

表-1 データの範囲

RECORDED ACCELERATION	21 ~ 431	(gal)
CORRECTED ACCELERATION	47 ~ 601	(gal)
VELOCITY	1.17 ~ 39.14	(kine)
DISPLACEMENT	0.12 ~ 20.11	(cm)
TOTAL POWER	0.04 ~ 26.224 × 10 ⁴	(gal ² ·sec)
MAGNITUDE	4.3 ~ 7.8	
Δ	10.6 ~ 247.0	(km)

が三種地震では、原記録より10~70%程度増加する²⁾ということからもうなずける結果である。また、データとして補正加速度を用いることによって、原記録によるものよりもRが大きくなり $\sigma(\ln U)$ が小さい、すなわち実測値との相関の良い回帰式が得られた。

- ii) 最大加速度の回帰式については次式にある佐伯・片山・岩崎²⁾の研究がある。

$$A = 10^{(1.51 + 0.25AM) / \Delta} \times 0.757$$

本研究の結果では原記録を用いた $C_0=0$ がこれと比較される。両者の相違はデータセットの違いによると考えられる。佐伯・片山・岩崎の研究では、図-1の場合と比較して、Mが小さくΔが大きい場合の記録がより多く含まれている。

- iii) いずれの C_0 についても補正加速度、速度、変位の順に b_1 が増加し、 b_2 が減少している。すなわち、この三種のパラメータにおいて、周波数の低いものは距離による減衰が小さく、マグニチュードの及ぼす影響が大きいのという結果となっている。このことは、 b_2 に関しては、長周期の波は短周期の波に比べてより速くまで伝播するという一般的傾向を定量的に裏付けられるものであり、また、 b_1 に関しては、地震発生の原因とされている周波数、低い振動である断層での

すべり破壊が大きいほどマグニチュードの大きい地震が発生するという事、およびマグニチュードの値が長周期の波をもとに定義されている事などからも妥当な結果であると思われる。

- iv) 全パワーの回帰式において、 b_1, b_2 が他のパラメータよりもかなり大きい、すなわち全パワー値の増減にマグニチュード、震央距離の両者が大きく影響することが判る。さらに、同様の周波数領域を代表するパラメータである最大加速度と比べて、 b_2 の値が全パワーでは大きくなっている。全パワーの値には、加速度値の他に地震の継続時間 T_d が関与していることより、 T_d にマグニチュードが大きく影響すると思われる。

- v) C_0 の相違による重相関係数Rの変化を見ると、 C_0 の増加に伴ってわずかながらあるが、補正加速度では増加し、他のパラメータでは逆に減少するという傾向が得られた。

- vi) 図-2は $C_0=0(\text{km})$ の場合の補正加速度に関する $\ln U$ の累積確率を正規確率紙上にプロットしたものである。他のいずれの地震動パラメータについても同様にはび直線上に配列するプロットが得られた。これより、回帰式からのデータの変動を表わす U の分布は対数正規分布にかなり近いものであることが判る。

〔参考文献〕 1) 後藤・長月・杉・今田；土木学会論文報告集 277号、昭53.9。

2) 佐伯・片山・岩崎；土木学会第52回年次学術講演会概要集、Vol.1 昭52.10。

表-2 解析結果

		Rec. Acc.	Co r. Acc.	Vel.	Disp.	Pt.
$C_0=0$ (km)	b_0	1.63	1.88	0.20	-1.26	2.34
	b_1	0.191	0.184	0.194	0.300	0.459
	b_2	0.490	0.525	0.295	0.246	0.653
	R	0.507	0.616	0.409	0.574	0.547
	$\sigma(\ln U)$	0.569	0.440	0.759	0.898	1.25
10	b_0	1.90	2.17	0.375	-1.12	2.72
	b_1	0.187	0.173	0.199	0.303	0.460
	b_2	0.596	0.616	0.391	0.322	0.822
	R	0.525	0.617	0.427	0.578	0.558
	$\sigma(\ln U)$	0.562	0.440	0.753	0.895	1.24
20	b_0	2.13	2.40	0.540	-0.982	3.05
	b_1	0.182	0.165	0.200	0.303	0.457
	b_2	0.678	0.688	0.465	0.381	0.956
	R	0.531	0.614	0.436	0.581	0.564
	$\sigma(\ln U)$	0.560	0.441	0.749	0.893	1.24
30	b_0	2.33	2.61	0.696	-0.865	3.36
	b_1	0.178	0.160	0.200	0.303	0.454
	b_2	0.751	0.752	0.530	0.433	1.075
	R	0.534	0.610	0.442	0.583	0.568
	$\sigma(\ln U)$	0.558	0.443	0.746	0.892	1.23
40	b_0	2.53	2.79	0.845	-0.743	3.65
	b_1	0.175	0.155	0.200	0.303	0.452
	b_2	0.818	0.812	0.589	0.481	1.19
	R	0.536	0.606	0.447	0.584	0.571
	$\sigma(\ln U)$	0.558	0.445	0.745	0.891	1.23

図-2 補正最大加速度からの $\ln U$ の累積確率

