

計器補正を施した強震記録を用いた地震動のM-Δ回帰分析

京都大学工学部 正会員 後藤尚男
 同 同 亀田弘行
 同 同 学生員 橋本修身

1. まえがき 耐震設計のための地震動パラメータとしては、従来用いられてきた最大加速度のみでなく、速度、変位なども重要であることが認識されつつある。本研究では、わが国で得られた加速度記録に基線補正、および強震計に関する計器補正¹⁾を施し、これより求められた最大加速度、最大速度、最大変位、全パワー、マグニチュードおよび震央距離との関係を統計的に検討し、設計地震力決定のための有用な資料を得ようとした。

2. 解析に使用した記録 本研究では、わが国の地盤で得られた強震記録に0.15Hzから10Hzまでの帯域幅を持つデジタルフィルターを用いて、基線補正と強震計に関する計器補正を施して得られた、地表面の補正最大加速度 a (gal)、最大速度 v (kine)、最大変位 d (cm)、全パワー P (gal²·sec)、および補正前の原加速度記録から求めた最大加速度 a' (gal)とをデータとして用いた。以上の記録は、すべてBMAC-B2型強震計によるものである。地盤条件を、道路橋設震設計指針に従って分類したが、データ数の関係で、ここでは第3種地盤で得られた記録、45成分の解析結果のみに報告する。図-1に使用した記録のマグニチュードと震央距離の分布を示す。工学的には、マグニチュードが大きく、震央距離が短い記録の少ないことが問題であろう。

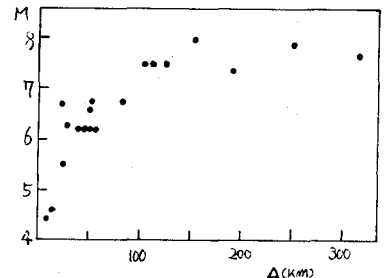


図-1 使用した記録のマグニチュード、震央距離の関係

3. マグニチュードおよび震央距離に対する回帰分析

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、従来から次式の形が多く採用されている。^{2),3)}

$$y_c = 10^{(b_0 + b_1 M) / (\Delta + C_0)^{b_2}} \quad (1)$$

$$\log_{10} y_c = b_0 + b_1 M - b_2 \log_{10} (\Delta + C_0) \quad (2)$$

$$U = \frac{y_m}{y_c} \quad (3)$$

ここに、 y_c は地震動パラメータ(具体的には a, a', v, d, P など)の平均値、(3)式の U は平均値 y_c からの実測値 y_m のばらつきを表す。本研究では、(1)式の常用対数をとった(2)式を用いて、 $M, \log(\Delta + C_0)$ とを独立変数とした重線型回帰を行い、各係数 b_i を求めた。なお、 C_0 としては25kmと30kmの2種のうち、重相関係数が大い方を採用した。また、回帰式からの分散が、 M あるいは Δ の値によって変動する場合も検討したが、ここでは省略する。

4. 計算結果と考察 求められた各地震動パラメータの回帰式(1)式の形で表-2に示す。なお、同表には、従来の研究により提唱されている関係式、および各回帰式に関する $\ln U$

表-1 使用した記録の範囲

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 ⁶ (gal ² ·sec)

の標準偏差 $\sigma(\ln U)$ 、重相関係数 R もあわせて記載した。同表より、本研究で求めた最大加速度の回帰式において、補正を施した記録を用いた場合、原記録からの回帰式より b_0 の値が大きくなっている。

このことは、補正後の最大加速度の値が、3種地盤では、原記録に比べて10~70%程度増加するということから、うなずける結果である。また、補正最大加速度、最大速度、最大変位の順に b_2 が増加し、 b_2 が減少している。すなわち、この3種の地震動パラメータにおいて、周波数の小さいものほど距離による減衰が小さく、マグニチュードの影響が大きという結果が得られている。

このことは、長周期の波はより遠方で伝播するという一般的傾向を、定量的に裏付けるものであると思われる。 $\sigma(\ln U)$ は a, V, d の順に増加している。全パワーの回帰式において b_1, b_2 がかなり小さいことより、全パワーはマグニチュードの増加による値の増加率、および震央距離の増加による値の減衰率が特に小さいことがわかる。さらに、 P_t は加速度と同じ振動数領域を代表するものであるが、 b_2 について a で比較的小さいにもかかわらず、 P_t では大きくなっている。 P_t の値には加速度値の他に、地震の経緯時間 T_d が関与していることより、この T_d にマグニチュードが大きく影響をおよぼすと考えられる。従来の

研究による回帰式と比較すると、本研究で求めた値は、 b_2 について佐伯・片山・岩崎²⁾の結果と類似しているのに対して、アメリカ西部の記録から求めた McGuire³⁾の結果より、いずれの地震強度パラメータについても b_1, b_2 とともにかなり小さい。図-2は補正最大加速度に関する $\ln U$ の累積確率を正規確率紙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、同図と同様にほぼ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といえる。

表-2 重回帰分析結果

	著者	回帰式	$\sigma(\ln U)$	R
加 速 度	本研究 原記録	$10^{(2.237+0.180M)/(\Delta+25)^{0.715}}$	0.558	0.533
	本研究 補正記録	$10^{(2.517+0.165M)/(\Delta+25)^{0.735}}$	0.454	0.609
	佐伯・片山・岩崎 ²⁾	$10^{(1.51+0.254M)/\Delta^{0.757}}$		0.61
速 度	本研究	$10^{(2.65+0.278M)/(R+25)^{1.301}}$	0.511	
	McGuire ³⁾	$10^{(0.681+0.198M)/(\Delta+30)^{0.515}}$	0.742	0.411
変 位	本研究	$10^{(0.714+0.401M)/(R+25)^{1.202}}$	0.629	
	McGuire ³⁾	$10^{(-0.856+0.303M)/(\Delta+30)^{0.432}}$	0.891	0.583
全 体	本研究	$10^{(-0.460+0.434M)/(R+25)^{0.895}}$	0.760	
	本研究	$10^{(3.362+0.456M)/(\Delta+30)^{1.074}}$	1.233	0.569

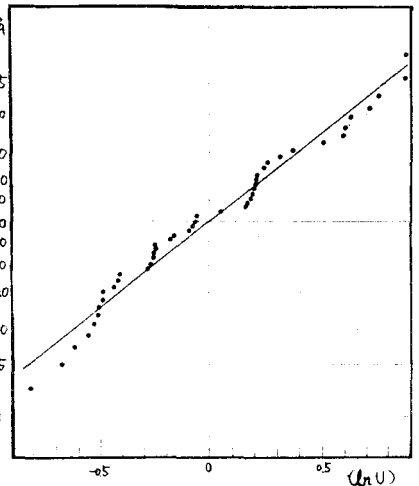


図-2 最大加速度からの $\ln U$ の累積確率

参考文献

- 1) 後藤・亀岡・杉戸・今西; 土木学会関西支部年次学術講演会資料, 昭.53.5.
- 2) 佐伯・片山・岩崎; 土木学会第32年次学術講演会講演概要集, 第9部, 昭.52.10.
- 3) McGuire, R.K., "Seismic Structural Response Risk Analysis, Incorporating Peak Response Regression on Earthquake Magnitude and Distance" Structures Publication NO.399 Dept. of Civil Engrg., M.I.T., Aug., 1974.