

地震動のアテニュエーション特性における地盤条件の評価法について

京大工学部 正会員 後藤尚男
京大工学部 正会員 〇杉戸真太

京大工学部 正会員 亀田弘行
岐阜県 正会員 原 敏郎

1. まえがき 構造物設計地点において、想定された地震規模(マグニチュード M)と震央距離 Δ に対する地震動強度(最大加速度, 速度, 変位)を精度よく推定することは合理的な耐震設計を行なう上で重要である。この場合, 過去の強震記録をもとに地震動強度を M と Δ の関数として表わし, それにより所要の M と Δ に対して地震動強度を推定する方法がある。しかしながら, 一般にこの推定地震動強度と実測値の間には多大なばらつきが存在している。このばらつきの要因としては震源域特性, 伝播特性および観測地点における表層地盤特性が考えられている。従来の研究では表層地盤特性によるばらつきをある程度除去するために道路橋耐震設計指針にある4種の定性的な地盤分類を用いて各地盤種ごとのアテニュエーション式を提案しているが, 推定値の持つ不確定性はまだ過大なものであると言わねばならない。そこで, ここではわが国の強震記録観測地点について得られている地盤資料をもとにある地盤パラメータを設定し, 定量的な地盤特性の算出法について検討する。

2. 回帰分析による地震動強度のアテニュエーション式 解析に用いたデータはわが国で得られた主要な強震記録站成分に後藤⁴⁾らによる補正を適用したもので, そのほとんどは最大加速度は50gal以上である。速度, 変位については加速度記録を積分して得られたものである。回帰式は従来よりよく利用されている次式を用いた。

$$\log \bar{Y} = b_0 + b_1 M - b_2 \log(\Delta + C) \quad \text{----- (1)}$$

$\bar{Y}$ は地震荷重, b_0, b_1, b_2 は回帰係数である。定数 C は $C=30\text{km}$ とした。最大加速度, 速度, 変位についての回帰分析の結果を表-1に示す。また, 地震動強度の実測値を Y , アテニュエーション式による推定値を $\bar{Y}$ として, その比を推定値か

表-1 回帰分析の結果 (単位 $\bar{A}_{max}$: gal, $\bar{V}_{max}$: kine, $\bar{D}_{max}$: cm)

地震荷重	回帰式	$\sigma(\ln U)$	$\sigma(\log U)$	δ_U
最大加速度	$\log \bar{A}_{max} = 2.308 + 0.193 M - 0.719 \log(\Delta + 30)$	0.551	0.240	0.596
最大速度	$\log \bar{V}_{max} = 0.061 + 0.242 M - 0.332 \log(\Delta + 30)$	0.606	0.263	0.666
最大変位	$\log \bar{D}_{max} = -1.540 + 0.356 M - 0.218 \log(\Delta + 30)$	0.617	0.268	0.681

うのばらつき U とする。

$$U = Y/\bar{Y} \quad \text{---- (2)}$$

U の対数 $\ln U$, $\log U$ の標準偏差およびばらつきが対数正規分布に従うと仮定した場合の変動係数 δ_U の値も求めて表-1に示した。ここで得られた回帰式は従来の研究結果と比較して震央距離の係数 b_2 がかなり小さな値を示すようであるが, これは本研究で利用したデータの範囲, すなわち最大加速度が50gal程度以上の強震のみを対象にしていることによるものと考えられる。

3. 地盤パラメータの導入 地盤の動的性状を知る上で有効であり, かつ測定が簡便なものに N 値がある。この N 値を利用した地盤の軟弱さを表わす指標 S_d を次のように定義する。

$$S_d = \int_0^{d_s} e^{-\gamma N(x)} e^{-\gamma x} dx \quad \text{---- (3)}$$

ここで $d_s(m)$ は地盤データが得られているところまでの深さであり, $N(x)$ は深さ $x(m)$ の点

Goto Hisao, Kameda Hiroyuki, Sugito Masata, Hara Toshiro

でのN値である。また γ, η は定数である。

いま、地震強度の奥測値と推定値の間のばらつき Π を表層地盤特性によるばらつき C とそれ以外の要因によるばらつきに分離して C を S_d の関数と考え、次のように表わす。

$$\Pi = \Pi_e \cdot C = \Pi_e \cdot \bar{C}(S_d) \quad \text{-----(4)}$$

ここで Π_e は震源特性や伝播経路の違いによって生ずるばらつきおよび S_d で考慮されない地盤特性によるばらつきと考えられる。また、 $\bar{C}(S_d)$ は次のように S_d の一次式で表現する。

$$\bar{C}(S_d) = a_1 + a_2 S_d \quad \text{-----(5)}$$

(5)式まわりのデータのばらつきを最小とするような γ, η を決定し、このときの S_d を最適な地盤パラメータとして採用すれば各地点で固有な地盤特性 $\bar{C}$ が得られる。すなわち、 M, Δ から推定される地震強度がその地点で平均的にどの程度増減するかを知ることができる。

このような考えに基づいて地震強度のばらつき $\log \Pi$ を従属変数に、 S_d を独立変数にとり、(5)式を求めたための回帰分析を行なった。加速度、速度、変位について地盤パラメータ S_d および地盤特性 $\bar{C}$ をそれぞれ $S_{da}, S_{dv}, S_{d\alpha}$ および $\bar{C}_a, \bar{C}_v, \bar{C}_\alpha$ というように表わすとそれぞれの地震荷重についての結果は以下ようになる。

$$\log \bar{C}_a = -1.1125 + 0.2745 S_{da} \quad \text{-----(6)}$$

$$\log \bar{C}_v = -0.5359 + 0.1373 S_{dv} \quad \text{-----(7)}$$

$$\log \bar{C}_\alpha = -0.6119 + 0.1742 S_{d\alpha} \quad \text{-----(8)}$$

図-1, 2, 3に加速度、速度、変位についての $\log \Pi$ と S_d との関係を示した。また $\log \Pi$ の標準偏差と $\log \Pi_e$ の標準偏差とを比較すると、加速度、速度ではほぼ10%、変位ではほぼ4%の標準偏差の減少が認められた。すなわち、この地盤パラメータ S_d を導入することにより、各地点での地震動強度の推定におけるばらつきが減少したことになり、より信頼性の高い地震動強度予測が期待される。

参考文献

- 1) 片山；生産研究，第26巻第1号，昭和49．1．
- 2) 佐伯・片山・岩崎；土木学会第32回年次学術講演会概要集，Vol 1，昭52．10．
- 3) 後藤・亀田・今西・橋本；第15回日本地震工学シンポジウム，1978．
- 4) 後藤・亀田・杉戸・今西；土木学会論文報告集第277号，昭53．9．

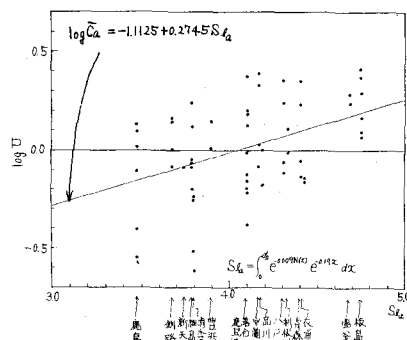


図-1 加速度の $\log \Pi$ と S_{da} の関係

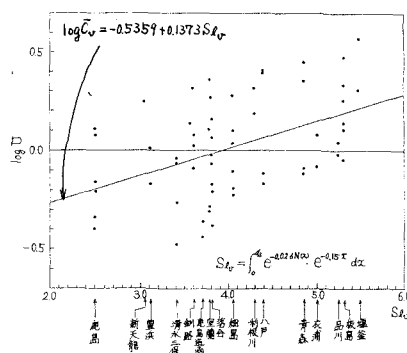


図-2 速度の $\log \Pi$ と S_{dv} の関係

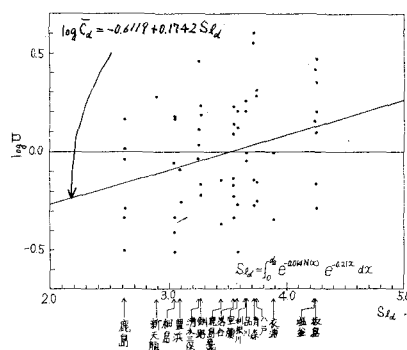


図-3 変位の $\log \Pi$ と $S_{d\alpha}$ の関係