

建設省土木研究所 正員 川島 一彦

〃 〃 〇相沢 興

〃 〃 高橋 和也

1. まえがき

本小文は、水平方向の地震動加速度応答スペクトルの距離減衰に対する検討結果を基にして、上下方向地震動の加速度応答スペクトルに対する距離減衰式を求めた結果を報告するものである。

2. 解析に用いた強震記録

解析対象としたのは、我が国53観測地点（いずれも地盤上）において合計57回の浅発地震（震源深さ60km以下）に対してSMAC型強震計により得られた119成分の上下方向加速度強震記録であり、これらの記録は水平方向地震動の解析に用いた197組の水平加速度強震記録の中から上下方向の記録が得られているものを抽出したものである。

また、各観測地点の地盤条件は道路橋示方書振設計編を基にして1種（道路橋示方書の1種）、2種（同、2種+3種）、3種（同、4種）の3区分とした。図1は解析対象記録が得られた地震のマグニチュード M 、震央距離 Δ [km] を示したものである。

3. 上下方向加速度応答スペクトルの距離減衰式

加速度応答スペクトル S_A に関しては、現在までに各種の距離減衰式が提案されているが、その大部分は水平方向の地震動に対するものであり、上下方向に対するものは少ない。ここでは、水平方向の距離減衰特性に対する検討結果に基づき、上下方向の加速度応答スペクトル S_A ($f=5\%$) の距離減衰式を次式で仮定した。

$$S_A(T_b, GC_i) = A(T_b, GC_i) \times 10^{b(T_b, GC_i)M} \times (\Delta + 30)^c \quad (1)$$

ここで、 M , Δ , GC_i はそれぞれ、マグニチュード、震央距離 [km]、地盤種別であり、 $A(T_b, GC_i)$, $b(T_b, GC_i)$ は固有周期 T_b 関、($b=1, 2, \dots, 10$)、地盤種別 GC_i ($i=1, 2, 3$) ごとに定められる係数であり、 c は T_b および GC_i によらない係数である。

式(1)を用いて2に示した119記録をもとに重回帰分析により係数 a, b, c を定めると表1および図2のようになる。これより、i) 係数 a はいずれの地盤種別の場合にも短周期領域で大きく、固有周期が長くなるにつれてほぼ単調に減少する、ii) 係数 b は全体として短周期領域で小さいのに対して長周期領域では大きくなる（係数 b は M が1.0大きくなった場合に S_A が何倍になるかを表す指標であり、地盤種別によって多少異なるが T_b が0.3秒以下において係数 b は0.25~0.35程度 (S_A は1.68~2.24倍となる) であるのに対して、 T_b が1.0秒以上では0.5~0.7程度 (S_A は3.6~5.0倍となる) と大きくなる) ことがわかる。

式(1)による S_A の予測値のばらつきを次式により定義する。

$$U_{SA} = S_A^{OB} / S_A^{VP} \quad (2)$$

ここで、上赤字の OB , P はそれぞれ実測値および実測値が得られた M , Δ から式(1)により求めた予測値であることを表すものである。式(2)による U_{SA} を求めた例が図3であり、これらはいずれも M , Δ により顕著に変化しない。そこで、 $\log U_{SA}$ の頻度分布を求めた例が図4であり、これらは全体として正規分布に近い。また、 $\log U_{SA}$ の標準偏差は各 T_b , GC_i ごとに大きく変化せず、約0.24~0.28程度である。

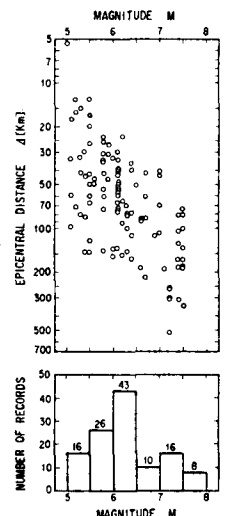


図1 解析に用いた強震記録のマグニチュードおよび震央距離の分布

3 水平方向の距離減衰特性との比較

代表的な $M(\Delta=100\text{km})$ に対する加速度応答スペクトル S_a と式(1)による上下方向の加速度応答スペクトル S_a^u とを比較すると図5のようになり、 S_a^u は S_a に比較して値は小さいが全体としての特性はよく似ている。そこで、水平方向に対する上下方向の加速度応答スペクトルの比 ($R_{sa} = S_a^u / S_a$) を求めた結果の一部が図6である。これより、 $M=8$ の $T_k > 0.7$ の1種地盤を除けば、 R_{sa} は、 M 、 Δ 、 GCI T_k に大きく影響されずほぼ0.2~0.4程度の値となる。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：最大地震動および地震応答スペクトルの推定法(その3)(その4)(その6) - 工研資料第1864号 1993号, 2038号, 1983年。
- 2) 工田肇, 倉田栄一ほか：台湾地域強震観測年報, 1963年～。
- 3) 建設省土木研究所：土木構造物における加速度強震記録(No.1~8), 工研集報 No.32~38, 41。

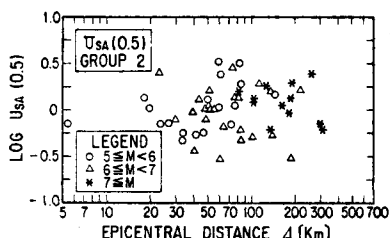


図3 式(1)の予測値まわりの実測値のばらつきと M , Δ の関係の例 ($T=0.5$, $GCI=2$ の場合)

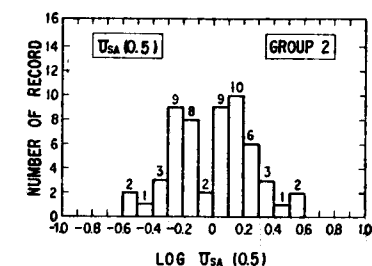
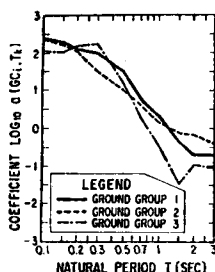


図4 式(1)の予測値まわりの実測値のばらつきの頻度分布の例 ($T=0.5$, $GCI=2$ の場合)

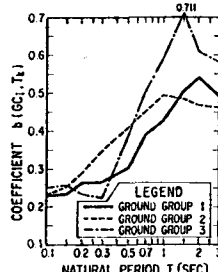
図1 式(1)の係数 $a(T_k, GCI)$, $b(T_k, GCI)$ および c

固有周期	1種地盤		2種地盤		3種地盤		備考
T (秒)	$a(T_k, GCI)$	$b(T_k, GCI)$	$a(T_k, GCI)$	$b(T_k, GCI)$	$a(T_k, GCI)$	$b(T_k, GCI)$	
0.1	246.4	0.230	224.8	0.232	114.5	0.251	
0.15	207.2	0.235	168.4	0.255	107.8	0.258	
0.2	124.1	0.263	105.5	0.288	155.7	0.232	
0.3	95.72	0.267	31.92	0.351	171.1	0.228	
0.5	31.86	0.304	10.44	0.410	13.82	0.388	重なり係数 (標準偏差)
0.7	5.869	0.388	4.039	0.451	1.939	0.509	(0.897)
1.0	2.185	0.428	1.386	0.495	0.352	0.596	(0.261)
1.5	0.441	0.506	0.758	0.486	0.0343	0.711	
2.0	0.203	0.541	0.670	0.468	0.105	0.610	
3.0	0.196	0.497	0.389	0.462	0.0886	0.584	

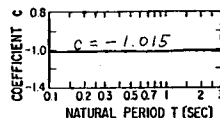
$c = -1.015$



(a) 係数 a

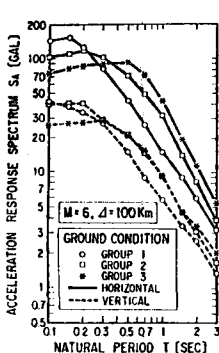


(b) 係数 b

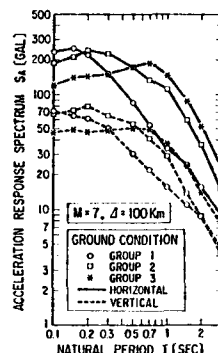


(c) 係数 c

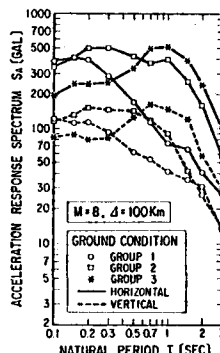
図2 式(1)の係数 $a(T_k, GCI)$, $b(T_k, GCI)$ および c



(a) $M=6$

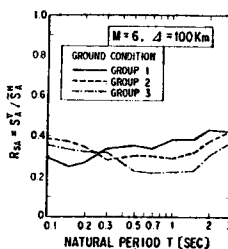


(b) $M=7$

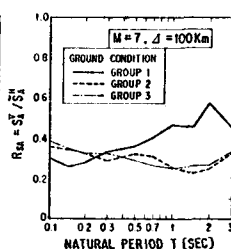


(c) $M=8$

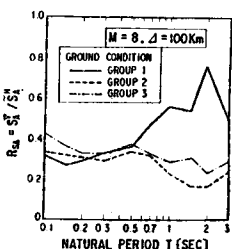
図5 上下方向と水平方向の加速度応答スペクトルの試算例 ($\Delta=100\text{km}$)



(a) $M=6$



(b) $M=7$



(c) $M=8$

図6 水平方向に対する上下方向の加速度応答スペクトルの比率 ($\Delta=100\text{km}$)