

建設省土木研究所 正員 川島一彦

〃 〃 相沢 興

〃 〃 高橋和之

1. まえがき

加速度応答スペクトルは、1自由度系に地震動が作用した場合の最大応答を与えるものである。構造物の種類によ、こは、応答のうちただ1回の最大値を破壊するものもあるが、ある一定以上の応答を繰返し受けて徐々に損傷が蓄積していくものもある。後者のような構造物に対する地震外力としては、ただ1回の最大応答を与える加速度応答スペクトルよりも、繰返し回数を考慮した応答値を与える方が適当ではないかと考えられる。このような点から、本小文では、繰返し回数を考慮した加速度応答スペクトルを提案し、その特性について検討を行う。その結果を報告するものである。

2. 繰返し回数を考慮した加速度応答スペクトル

固有周期 T [秒]、減衰定数 R の1自由度系に地震動が作用した場合の加速度応答を求め、応答振幅のうち大きいものから順番に番号を付ける。ここで、応答波形のうち、ゼロ線と交差した点から次にゼロ線と交差するまでの間を1つの応答波形とみなすものとする。このようにして求めた N 番目に大きい加速度応答振幅を $S_a(T, R, N)$ とし、これを繰返しを考慮した加速度応答スペクトルと定義する。 $N=1$ の場合、すなわち、 $S_a(T, R, 1)$ はその定義から一般に用いられている加速度応答スペクトル $S_a(T, R)$ である。図1は宮城県沖地震による開北橋周辺地盤上の記録を入力した場合の $T=0.2, 0.5, 1.0$ 秒($R=0.05$)に対する応答加速度を示したものであり、これより $S_a(T, R, N)$ (ただし、 $R=0.05$ の場合)を求めると図2のようになる。

いま、繰返し回数 N の増加につれて、 $S_a(T, R, N)$ がどのように減少するかを検討するため、式(1)により、応答スペクトル比 $\eta(T, R, N)$ を定義する。

$$\eta(T, R, N) = S_a(T, R, N) / S_a(T, R, 1) \quad (1)$$

図1に示した開北橋記録に対して、式(1)の $\eta(T, R, N)$ が N によりどのように変化するかを示すと図3のようになる。これによれば、 $\eta(T, R, N)$ は N の増加に伴ないほぼ単調に減少する。そこで、いま、 $\eta(T, R, N)$ を式(2)に近似する。

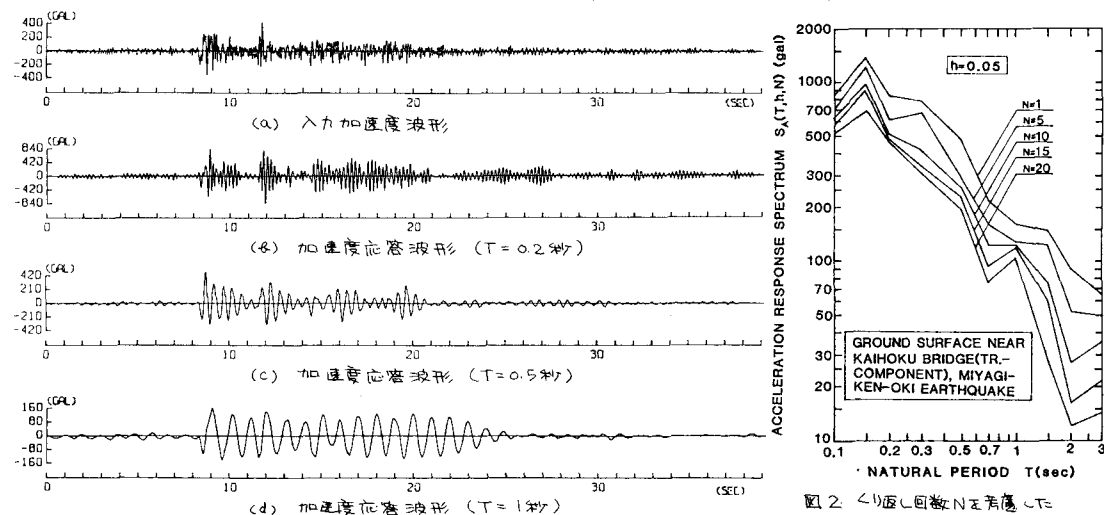


図1 1自由度系の応答加速度(開北橋記録を入力した場合)

図2 繰返し回数 N を考慮した
加速度応答スペクトル $S_a(T, R, N)$
(開北橋記録の場合)

表1 式(2)の係数 $\alpha(T, R)$ の常用対数 $\log \alpha$ の平均値および標準偏差

	減衰定数 R	固有周期 T [秒]									
		0.1	0.15	0.2	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	3.0
$\log \alpha$ の 平均 値 m	0	-2.583	-2.475	-2.411	-2.231	-1.972	-1.790	-1.629	-1.444	-1.309	-1.119
	0.01	-1.641	-1.585	-1.555	-1.527	-1.502	-1.465	-1.420	-1.301	-1.204	-1.072
	0.02	-1.525	-1.455	-1.412	-1.366	-1.348	-1.326	-1.301	-1.197	-1.117	-0.998
	0.03	-1.467	-1.395	-1.351	-1.293	-1.269	-1.246	-1.227	-1.128	-1.055	-0.939
	0.05	-1.402	-1.338	-1.295	-1.227	-1.194	-1.161	-1.140	-1.044	-0.972	-0.845
	0.07	-1.365	-1.309	-1.264	-1.194	-1.156	-1.120	-1.090	-0.996	-0.923	-0.789
	0.1	-1.329	-1.282	-1.238	-1.168	-1.125	-1.087	-1.050	-0.957	-0.890	-0.739
	0.2	-1.274	-1.240	-1.200	-1.136	-1.088	-1.051	-1.009	-0.934	-0.875	-0.743
	0.3	-1.251	-1.222	-1.187	-1.131	-1.083	-1.050	-1.011	-0.957	-0.911	-0.817
	0.4	-1.238	-1.213	-1.183	-1.136	-1.090	-1.059	-1.025	-0.984	-0.951	-0.888
標準 偏差 σ	0	0.4285	0.4308	0.4489	0.4866	0.5980	0.6915	0.7980	0.8687	0.9408	0.9547
	0.01	0.2915	0.2622	0.2528	0.2511	0.2445	0.2603	0.2988	0.2902	0.2940	0.3345
	0.02	0.3110	0.2868	0.2797	0.2658	0.2527	0.2548	0.2754	0.2650	0.2653	0.3093
	0.03	0.3185	0.2961	0.2912	0.2795	0.2636	0.2586	0.2705	0.2603	0.2632	0.2890
	0.05	0.3192	0.3014	0.2967	0.2934	0.2741	0.2660	0.2736	0.2546	0.2648	0.2909
	0.07	0.3204	0.3034	0.2983	0.3012	0.2799	0.2728	0.2788	0.2596	0.2778	0.2964
	0.1	0.3201	0.3033	0.3011	0.3051	0.2860	0.2801	0.2857	0.2718	0.2811	0.3026
	0.2	0.3145	0.2988	0.3013	0.3086	0.2931	0.2890	0.2922	0.2728	0.2938	0.3053
	0.3	0.3116	0.2990	0.3014	0.3075	0.2949	0.2949	0.2933	0.2937	0.2958	0.3096
	0.4	0.3083	0.3002	0.3011	0.3077	0.2976	0.2962	0.2931	0.2940	0.2908	0.3000

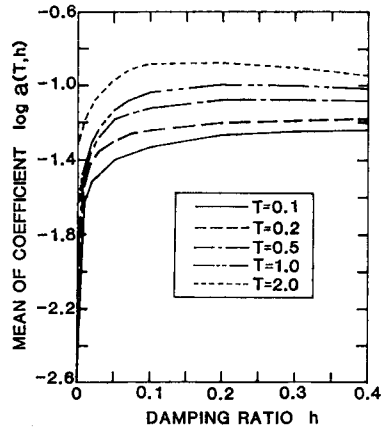


図5 $\log \alpha(T, R) \sim R$ の関係 (394成分平均)

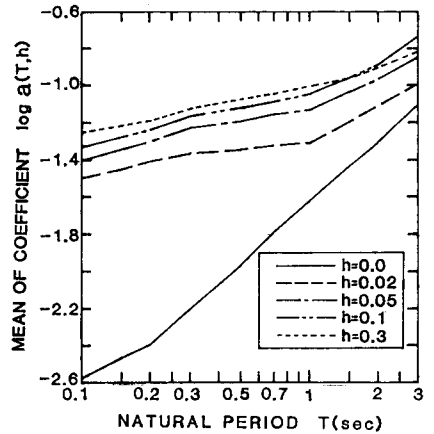


図6 $\log \alpha(T, R) \sim T$ の関係 (394成分平均)

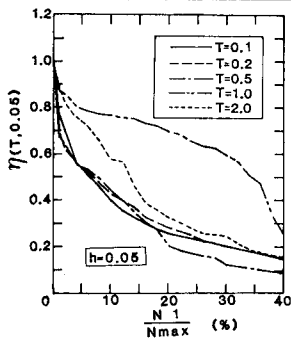


図3 繰り返し回数 N に対する応答スペクトル $\eta(T, R, N)$ の変化 (開地橋記録, $R=0.05$ の場合)

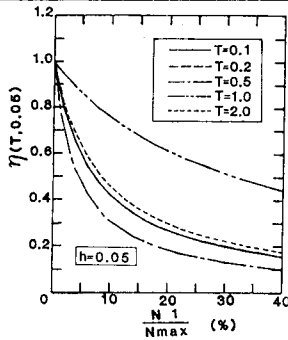


図4 $\eta(T, R, N)$ 式(2)で近似した結果 (開地橋記録, $R=0.05$ の場合)

$$\eta(T, R, N) = 1 / [1 + \alpha(T, R)(N-1)] \quad (2)$$

図1の開地橋記録に対して、式(2)の係数 $\alpha(T, R)$ を求め、これにより改めて $\eta(T, R, N)$ ($R=0.05$)を求めた結果が図4である。図4を図3と比較することにより、式(2)の近似がおおむね妥当なことがわかる。

そこで、我国の地震上で得られた394成分の強震記録を用いて、それぞれに対する式(2)の係数 $\alpha(T, R)$ を求め、その対数平均および標準偏差を求めた結果が表1である。また、これより、係数 α の常用対数 $\log \alpha(T, R)$ の平均が、減衰定数 R および周期 T によりどのように変化するかを示した結果が、それぞれ、図5, 6である。これによれば、 $\log \alpha$ は $R \geq 0.01$ の範囲ではおおむね $-0.9 \sim -1.3$ 程度の値をとると、また、 $\log \alpha$ は T が長くなる程大きくなる傾向があることがわかる。

図7は $\log \alpha = -0.9 \sim -1.3$ の範囲で $\eta(T, R, N) \sim N$ の関係を式算したものであり、これによれば、 $N=20$ 回の場合には $\eta(T, R, N)$ は約0.3~0.5程度の値となることがわかる。

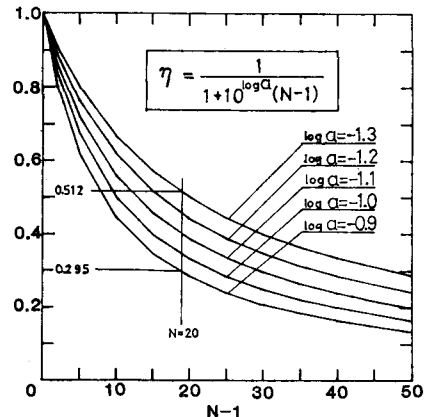


図7 $\log \alpha = -0.9 \sim -1.3$ の場合の $\eta(T, R, N) \sim N$ の関係