

建設省土木研究所 正員 川島一彦

〇正員 相沢 興

正員 高橋和之

1. まえがき

地震応答スペクトルに及ぼす減衰定数の影響を検討し、特定の減衰定数に対する応答スペクトルから、任意の減衰定数の応答スペクトルを計算する手法を検討した結果について示す。

2. 定常振動による応答特性の検討

地震記録による応答スペクトルを検討する前に、定常振動による応答を検討した。いま、周期 T_{IN} の調和振動が作用する固有周期 T 、減衰定数 η の線系1自由度系の絶対応答加速度は $R(T/T_{IN}, \eta) = \max |A \cdot \alpha \exp[2\pi i(T/T_{IN} - \varphi)]|$ と与えられる。ここで、 α は入力の振幅、 A 、 φ はそれぞれ加速応答倍率、位相遅れである。ここで、系の最大応答 $R(T/T_{IN}, \eta)$ とうしの比 $\eta = 0.05$ の場合を基準として、次式で定義する。

$$\xi_R(T/T_{IN}, \eta) \equiv R(T/T_{IN}, \eta) / R(T/T_{IN}, 0.05) \quad \text{----- (1)}$$

式(1)の ξ_R と T/T_{IN} 、 η の関係を図1, 2に示す。これによれば、 T/T_{IN} が約 $1/2$ 以下または 1.4 以上でかつ η が 0.2 程度以下では、 η による ξ_R の差はほとんどない。しかし、これ以外では ξ_R は η の影響を著しく受ける。また、 η の影響は T/T_{IN} によって異なり、 $0.5 < T/T_{IN} < 1.4$ の範囲では、共振のために η が小さいほど ξ_R は大きくなり、反対に、 $T/T_{IN} > 1.4$ の場合では η が大きいほど ξ_R が大きくなる。

3. 解析対象とした地震記録

解析対象としたのは、我国の43地点（地盤上）においてSMAC型強震計により得られた2@103=206成分である。地震記録には数値化精度を考慮した計器補正を施してある。

4. 地震応答スペクトルに及ぼす減衰定数の影響

地震応答スペクトルに及ぼす減衰定数の影響を検討するため、式(1)と同様に $\eta=0.05$ の応答スペクトルを基準とした応答スペクトルとうしの比（以下、応答スペクトル比と呼ぶ）を次式で定義する。

$$\xi_{SA}(T, \eta) \equiv S_A(T, \eta) / S_A(T, 0.05) \quad \text{----- (2)}$$

ここで、 $S_A(T, \eta)$ は、固有周期 T 、減衰定数 η の絶対加速度応答スペクトル $\{g_{al}\}$ である。

式(2)による ξ_{SA} の一例として、1968年の豊後水道沖地震による板島板近傍地盤上の記録に対する ξ_{SA} と SA スペクトル（ $\eta=0.05$ ）を図3に示す。図3より、どの減衰定数においても ξ_{SA} は周期ごとに一様ではないが、 SA スペクトルの形状と密接な関係がある。すなわち、記録の卓越周期にたじて図1, 2に示した定常振動の応答と基本的に同じ性質を持っている。しかしながら、 $\eta \approx 0$ および $\eta > 0.3$ の場合には ξ_{SA} は T により大きく変化する。次に、解析対象とした206成分に対する ξ_{SA} の平均値 $\bar{\xi}_{SA}$ および標準偏差 $\sigma_{\xi_{SA}}$ を図4に示す。図4より、 ξ_{SA} は個々の記録については上述したように T による変化があるが、多数の記録の ξ_{SA} を平均すると、 $\eta=0$ および $T > \text{約} 1$ 秒でかつ $\eta > 0.2$ の場合を除けば ξ_{SA} はあまり T によらないことがわかる。そこで、 $0.1 < T < 1$ でかつ $0.01 < \eta < 0.4$ の $\bar{\xi}_{SA}$ と $\eta/0.05$ の関係を示すに図5のようになり、この範囲では $\bar{\xi}_{SA}$ と $\eta/0.05$ の間にはきりした相関があることがわかる。いま、両者の関係を $\xi_{SA}(T, \eta) \equiv a \cdot (\eta/0.05)^b$ と仮定し、最小二乗法で未定係数 a, b を求めるに次式のようになる。

$$\xi_{SA}(T, \eta) = 0.983 \times (\eta/0.05)^{-0.270} \quad \text{ただし、} 0.01 \leq \eta \leq 0.4, 0.1 \leq T \leq 1 \quad \text{----- (3)}$$

したがって、 $S_A(T, 0.05)$ から式(3)により、任意の減衰定数に対する $S_A(T, \eta)$ が推定できる。

5. 結論

式(2)による応答スペクトル比 $\xi_{SA}(T, \eta)$ は、入力地震動に含まれる周期成分により変化する。入力地震動の卓越

周期近傍では $\zeta_R < 0.05$ の場合には $\zeta_{SA} > 1$, $\zeta_R > 0.05$ の場合には $\zeta_{SA} < 1$ となる。この傾向は $\zeta_R = 0$ および $\zeta_R > 0.3$ の場合に著しい。このような傾向は式(1)による調和外力を受ける自由度系の定常振動解の結果とよく一致している。

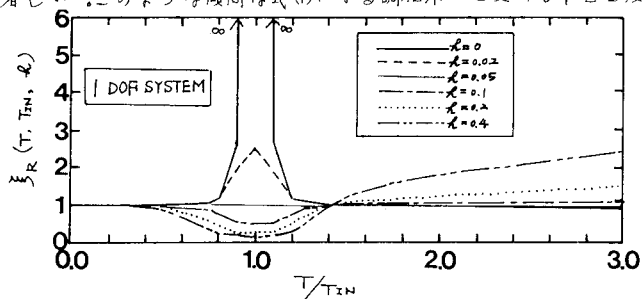


図1 定常振動による $\zeta_R \sim T/T_{IN}$ の関係

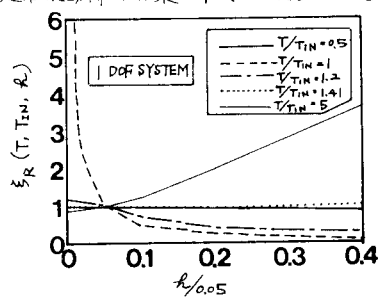
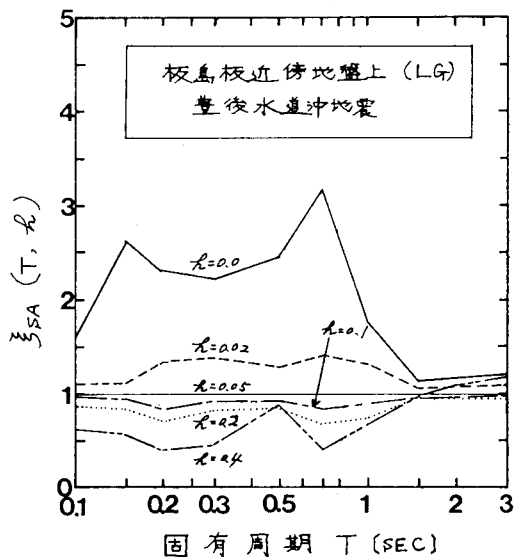
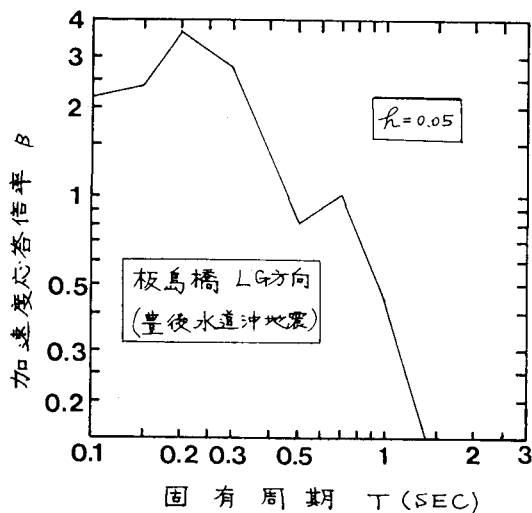


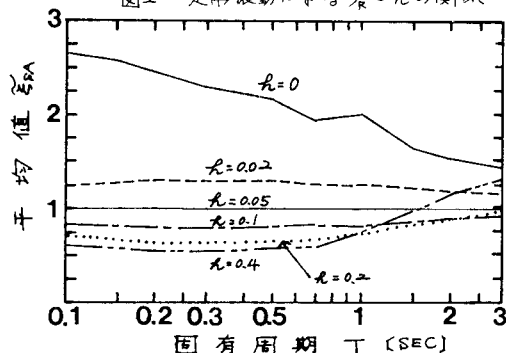
図2 定常振動による $\zeta_R \sim \zeta$ の関係



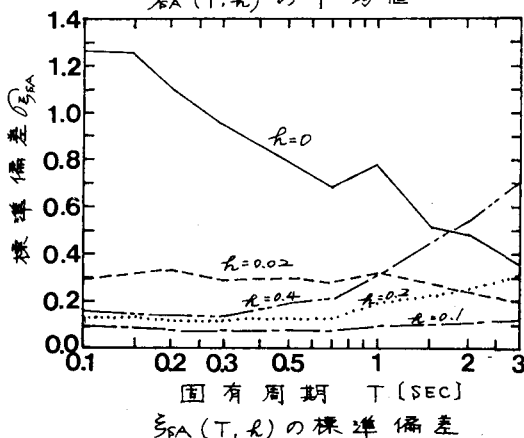
(a) $\zeta_{SA} \sim T \sim \zeta$ の関係



(b) 加速度応答スペクトル $\beta_{SA}(T, 0.05)$



$\zeta_{SA}(T, \zeta)$ の平均値



$\zeta_{SA}(T, \zeta)$ の標準偏差

図4 206成分に対する ζ_{SA} の平均値および標準偏差

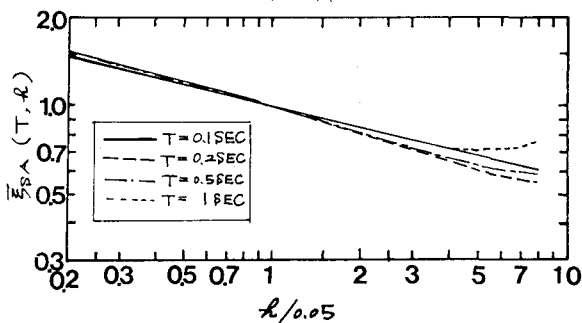


図5 $\zeta_{SA} \sim \zeta/0.05$ の関係

図3 板島橋記録(豊後水道沖地震)に対する $\zeta_{SA} \sim \zeta$ の関係