

SMAC型強震計の特性が地震応答スペクトルに与える影響

建設省 土木研究所 正員 川島一孝  
 正員 若林 進  
 ○ 正員 高木義和

1 はじめに

強震記録は、近年その数が豊富になり、応答解析における入力地震動として、また、設計地震力を定めるための諸研究に広く各所で利用されている。しかしながら、各種の新しい構造形式の公共土木施設の出現とその規模の大型化に伴ない強震計に要求されていた従来の諸要求をさらに凌駕した短周期ならびに長周期の振動数領域での性能に対する要求が新しくでてくるとともに、中程度の周期領域においても記録の精度に関する関心が高まりつつある。そこで現在多数の強震記録を提供しているSMAC型強震計(B<sub>2</sub>およびQ型)を対象とし、加振台を用いた強震計の振動実験を実施し精度に関する検討を行ったのでここに報告する。

2 実験の概要

本実験に用いた装置の概要を図-1に示す。実験装置は振動台と加速度および変位の計測システムから構成されており、振動台上にSMAC-B<sub>2</sub>およびQ型強震計を同時に設置して以下の実験を行った。

(1) 強震計の振動数特性を調べるために正弦波による加振実験を行い、1~25 Hzの定常加振による強震計の応答を測定した。また加速度強度が振動数特性に及ぼす影響を調べるために振動台への入力加速度を100 gal および300 galの2種類に変化させ応答を測定した。

(2) 地震の際、強震計がどの程度の精度で地震動を記録するかを調べるために表-1に示す各種の震動された地震動記録(うち、2種類の記録については入力加速度を2種類に変化させた)を用いて加振実験を行った。

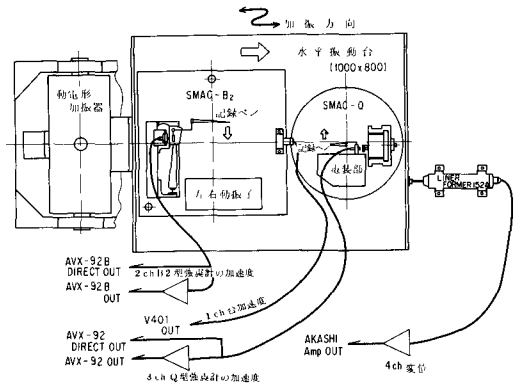


図-1 実験装置の概要

3 強震計の振動数特性

定常加振による正弦波加振実験から求めた、

表-1 地震動振動実験に用いた震動地震記録

SMAC-B<sub>2</sub>型強震計の振動特性をそれぞれ図-2、図-3に示す。これは加振振動数1 Hz時の値を基準として正規化して求めた100gal および300 gal 加振時の振幅特性の平均値を示している。この結果によれば、B<sub>2</sub>型およびQ型強震計の振幅特性はいずれの場合も理論上計算される値と比較的一致している。また、100gal 加振の場合と、300gal 加振の場合の結果はおおむね同程度の結果を与えており、ここでの強震計の振幅特性が加速度強度にあまり左右されず一定

実験 番号	人 力 地 震 動 記 録				記録時最大 加速度 (gal)	加振実験に おける最大 加速度 (gal)	卓越振動数 <sup>2)</sup>	実験 記号
	発 生 年 月 日	地 震 名	M	震 央 距 離 (km)				
1	1973 6 17	伊豆半島 沖地震	7.4	30.5	4.5	5.0	0.6, 1.4 2.9	E-1
2	1974 5 9	伊豆半島 沖地震	6.9	14.0	1.2	5.0	0.6, 1.6, 2.6	E-2
3	1978 1 14	伊豆半島 近海地震	7.0	9.0	5.1	20.0	1.2, 1.8, 2.1, 2.4, 3.0, 4.5	E-3
4	1978 1 14	伊豆半島 近海地震	7.0	23.0	2.2	10.0	1.1	E-4
5						15.0		
6	1970 9 30	多摩川下 流地震	4.5	8	2.2	20.0	1.2	E-6
7						30.0		E-7

であることを示している。

#### 4 加速度応答スペクトルに及ぼす短周期成分の感度低下の影響

地震振加振実験の結果求められた基準加速度（振動台の振動加速度）、 $\Omega$ 型および $Q$ 型強震計の加速度応答（図-2に結果の一例を示す。）のそれぞれに対して加速度応答スペクトル  $S_A$  および加速度応答倍率  $\beta$  を計算し、三者間相互の  $S_A$  および  $\beta$  のスペクトル値の比を次のように定義した。

$$R_{SA}^{\Omega} \equiv S_A^{\Omega} / S_A^* \quad , \quad R_{SA}^Q \equiv S_A^Q / S_A^* \quad \text{----- (1)}$$

$$R_{\beta}^{\Omega} \equiv \beta^{\Omega} / \beta^* \quad , \quad R_{\beta}^Q \equiv \beta^Q / \beta^* \quad \text{----- (2)}$$

ここで  $S_A^*$ ,  $\beta^*$  : 振動台基準加速度の  $S_A$  スペクトルおよび  $\beta$  スペクトル

$S_A^{\Omega}$ ,  $\beta^{\Omega}$  :  $\Omega$ 型強震計の加速度記録の  $S_A$  スペクトルおよび  $\beta$  スペクトル

$S_A^Q$ ,  $\beta^Q$  :  $Q$ 型強震計の加速度記録の  $S_A$  スペクトルおよび  $\beta$  スペクトル

このように定義した  $R_{SA}^{\Omega}$ ,  $R_{SA}^Q$  および  $R_{\beta}^{\Omega}$ ,  $R_{\beta}^Q$  を7回の地震振加振実験に対して計算し、それぞれの平均値と、これに標準偏差を加減した値を示したのが図-5と8である。これにより以下の事項が指摘される。

##### (i) $Q$ 型強震計による $S_A$ スペクトル ( $R_{SA}^Q$ )

図-5より、 $R_{SA}^Q$  はいずれの入力地震記録の場合も固有周期  $T$  が 0.1 から 2.0 秒程度までは、おおむね 1.0 であることから、 $Q$ 型強震計により測定した加速度記録の加速度応答スペクトルは、固有周期が 0.1 秒から約 2.0 秒の間では、ほぼ正しい結果を与えると考えられる。

##### (ii) $\Omega$ 型強震計による $S_A$ スペクトル ( $R_{SA}^{\Omega}$ )

図-6より、 $R_{SA}^{\Omega}$  は固有周期がおおむね 0.6 秒以下の領域において、1.0 より小さくなっており、固有周期 0.1 秒付近では約 0.8 にまで下がっている。また、固有周期が約 0.6 ~ 2.0 秒の間では、 $R_{SA}^{\Omega}$  はおおむね 1.0 に近い。これらのことより、 $\Omega$ 型強震計により測定した加速度記録をもとに  $S_A$  スペクトルを計算した場合は、固有周期が約 0.6 秒より短い範囲ではスペクトル値の過小評価に、固有周期が約 0.6 ~ 2.0 秒の範囲ではおおむね正しい結果にそれぞれなっており、と考えられる。

##### (iii) $Q$ 型強震計による $\beta$ スペクトル ( $R_{\beta}^Q$ )

図-7より、 $R_{\beta}^Q$  は固有周期が 0.1 秒から約 2.0 秒までの領域ではおおむね 1.0 であり、かつ、この間では入力地震動による変動も小さい。固有周期が 2.0 以上の領域では、 $R_{\beta}^Q$  は徐々に 1.0 よりも大きくなる。入力地震動による変動が大きくなる。

##### (iv) $\Omega$ 型強震計による $\beta$ スペクトル ( $R_{\beta}^{\Omega}$ )

図-8より、 $R_{\beta}^{\Omega}$  は固有周期がおおむね 0.3 秒以下の領域において 1.0 より小さく 0.3 秒から約 2.0 までの領域において 1.0 よりも大きくなっているのがわかる。固有周期が 0.1 ~ 0.3 秒の範囲では、 $R_{\beta}^{\Omega}$  は入力地震動に応じて 0.8 ~ 0.9 程度の値となり、固有周期が 0.3 秒から約 2.0 秒の範囲では、 $R_{\beta}^{\Omega}$  は 1.2 ~ 1.5 程度の値となる。したがって、0.3 秒より短い範囲ではスペクトル値の過小評価に、固有周期が 0.3 秒から約 2.0 秒の範囲では過大評価にそれぞれなっており、と考えられる。

#### 5 まとめ

(1)  $\Omega$ 型強震計により観測された記録をもとにして加速度応答スペクトル  $S_A$  を計算した場合には、固有周期が 0.1 秒から約 0.6 秒の範囲では  $S_A$  スペクトルを最大で 25% 程度（今回の7種類の加振実験の平均値）過小に評価している。どの程度の過小評価になるかは入力地震動の特性に応じて変化する。

(2)  $\Omega$ 型強震計により観測された記録をもとにして加速度応答スペクトル倍率  $\beta$  を計算した場合には、固有周期が 0.1 ~ 0.3 秒の範囲において  $\beta$  スペクトルを最大で 15% 程度（今回の7種類の加振実験の平均値）過小に、0.3 秒から約 2.0 秒までの範囲において  $\beta$  スペクトルを最大で 25% 程度（7種類の加振実験の平均値）過大に、それぞれ評価するようになる。

- (4) Q型強震計に於り観測した加速度記録の最大値は、実際の地震動加速度の最大値とよく一致している。
- (5) Q型強震計に於り観測した記録をもとにして加速度応答スペクトルSAおよび加速度応答スペクトル倍率 $\beta$ を計算した場合には、固有周期が0.1秒から約2.0秒の範囲に於いていずれのスペクトルもおおむね正しい結果を与える。

○ まとめ

今日は、SMA-C型強震計(B2およびQ型強震計)の特性が採取された記録に与える影響を主として応答スペクトルの立場から検討した。その結果、SMA-C型強震計に於り得られた記録に現われる精度低下の原因は、周期成分ごとにいろいろあることが明らかになった。今後、これら原因をより詳細に検討するとともに、適切な補正方法を開発していくことが必要とされる。

謝辞 本報告に示した実験に際しては、明石製作所の後藤健一氏、山田進史氏、および明豊エンジニアリングの古屋和男氏に大変お世話になりました。ここに記して厚くお礼申し上げます。

(参考文献)

岩崎、若林、川島、高木 'SMA-C型強震計の短周期成分特性に関する実験的研究、土木研究資料/505、昭和54年3月。

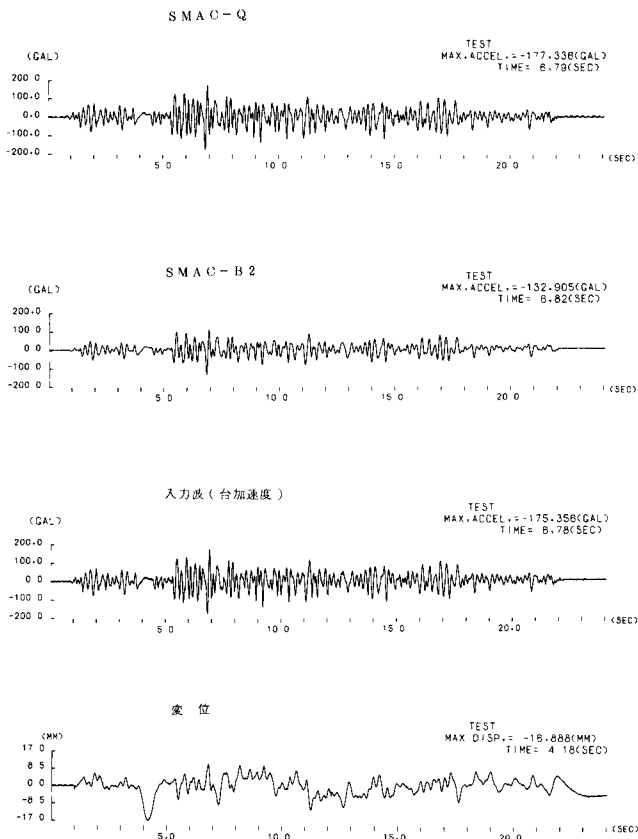


図-2 測定結果の一例〔浮島公園地震動(多志川下流地震, 200gal)を作用させた場合〕

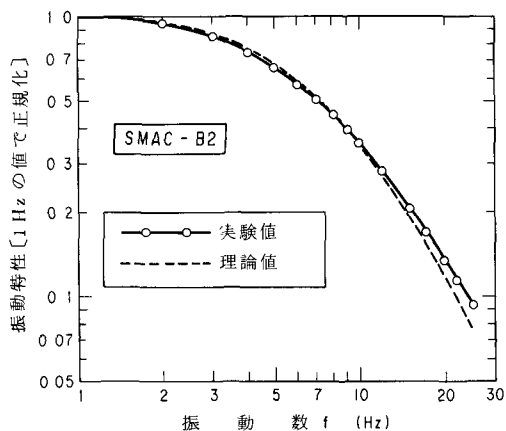


図-3 B型強震計の振幅特性

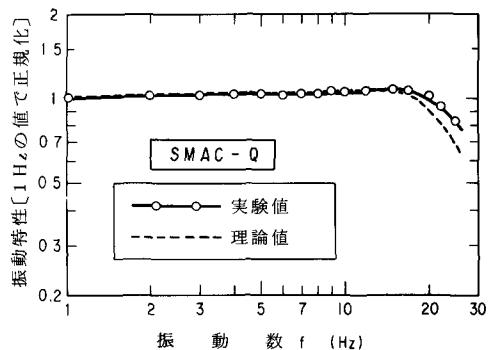


図-4 Q型強震計の振幅特性

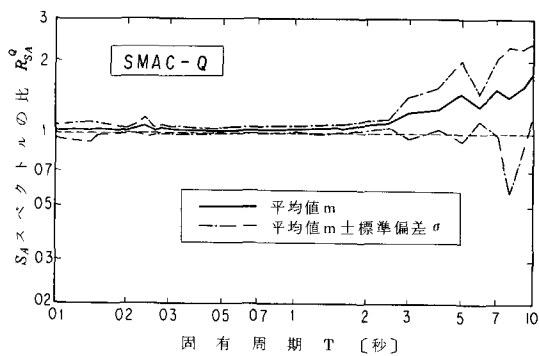


図-5 SAスペクトルの比  $R_{SA}^Q$  の平均値 (SMAC-Q)

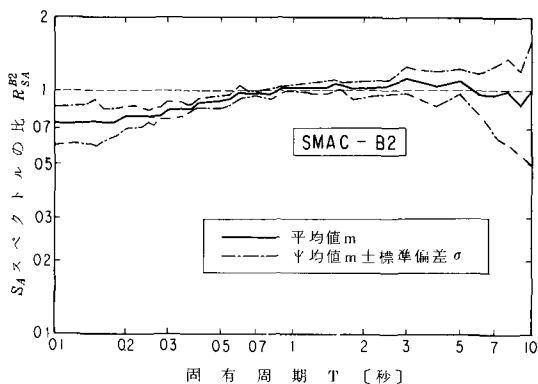


図-6 SAスペクトルの比  $R_{SA}^{B2}$  の平均値 (SMAC-B2)

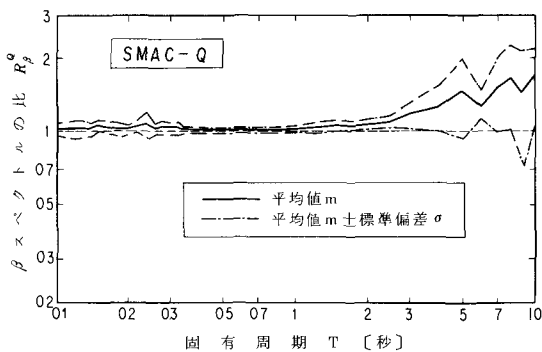


図-7  $\beta$ スペクトルの比  $R_{\beta}^Q$  の平均値 (SMAC-Q)

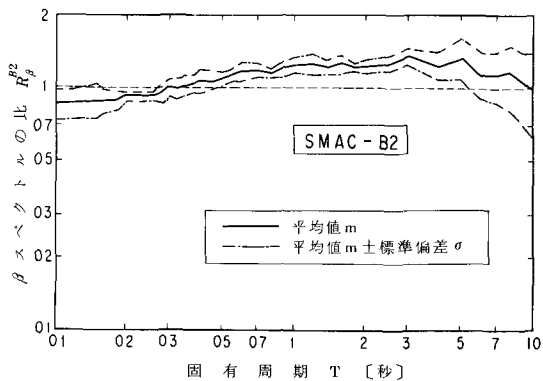


図-8  $\beta$ スペクトルの比  $R_{\beta}^{B2}$  の平均値 (SMAC-B2)