

宮崎大学工学部	正 員	原田 隆典
東京工業大学大学院	学生員	高本 智博
宮崎大学工学部	正 員	堤 一
宮崎大学工学部	正 員	赤木 正見

1. まえがき

アレー記録の1つであるSMART-1のデータを用いて、地震動の空間的変動を定量的に検討する。従来の地震動記録の大部分は、一点で得られたものであり、これらを用いて、地震の規模や震源距離、地盤条件等によって地震動の時間的特性がどのように変わるかに着目した研究が多い。しかし、地震動は、時間的のみならず、空間的にも変動する。この空間的変動に関しては、定量的研究は、皆無に等しいのが現状である [1]。

2. 解析の概説

SMART-1では、同時観測のできる地震計が、図-1に示すように配置されている。本報告では、1981年1月29日、M=6.9の地震 (Event 5) の加速度記録を周波数領域で積分して求めた速度波形 (図-2参照) を用いて、次式で与えられる各点の速度波形の相互パワースペクトルの特性を検討した。

$$P(\xi, \omega) = 1/2\pi \int_{-\infty}^{\infty} Q(\xi, \tau) e^{-i\omega\tau} d\tau \quad \text{-----(1)}$$
$$Q(\xi, \tau) = E[U(x, t)U(x+\xi, t+\tau)]$$

この相互パワースペクトルを次式のように分解して、

$$P(\xi, \omega) = S_0(\omega) \cdot |P(\xi, \omega)| / S_0(\omega) e^{i\theta(\xi, \omega)} \quad \text{-----(2)}$$

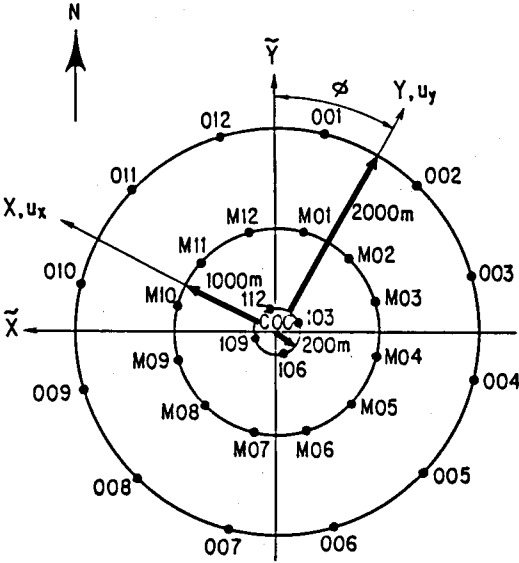


Fig.1 The SMART-1 Array Configuration

Fig.2
Ground Motion
Velocity Wave
Forms at 4 Points

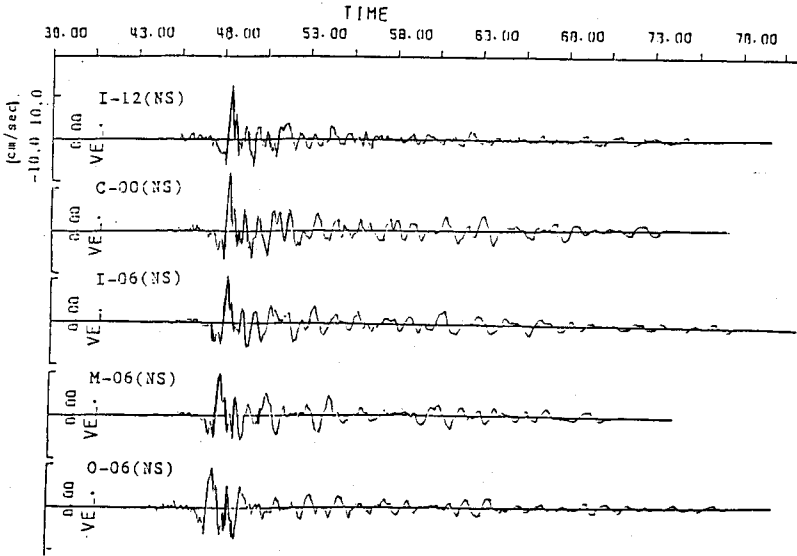


図-2の波形を用いて $S_0(\omega)$, $|P(\xi, \omega)|/S_0(\omega)$ (コヒーレンス関数), $\theta(\xi, \omega)$ (位相角) について計算した結果を図-3に示す。図-3のパワースペクトル $S_0(\omega)$ に関しては、約0.5~1.5Hzの周波数帯にパワーが集中している。各点において多少形状が異なるが各点の平均的なものとして、次式のようにパワースペクトルをモデル化するものとする。

$$S_0(\omega) = S_0^2/\omega_g^3 e^{-(\omega/\omega_g)^2} \dots (3)$$

$$S_0 = 1420 \text{ cm}^2/\text{s}, \omega_g = 4.34 \text{ rad/s}$$

図-3のコヒーレンス関数は、振動数と共に複雑に変動しており、これは各振動数成分の波動が複雑に伝播していることを示唆しているものと思われる。1 Hz および 2.5~3.5 Hz 近傍では、2点間距離が2000mになってもコヒーレンス関数の値は0.8以上と大きく、この振動数領域では、単一の波動が伝播しているものと考えられる。しかし、全体的に図-3のコヒーレンス関数を眺めると、振動数および2点間距離の増加と共にコヒーレンス関数の値は減少しているのが認められるため、これを次のような関数で近似するものとする。

$$|P(\xi, \omega)|/S_0(\omega) = e^{(-\xi^a \omega^b / \alpha)}$$

$$a=0.55, b=0.18, \alpha=130.0 \text{ m/s} \dots (4)$$

図-3の位相角に関しては、約4Hzまでは、ほぼ振動数に比例して減少しているため、これを次式で近似する。

$$\theta(\xi, \omega) = -\xi \omega / C \dots (5)$$

$$C=3,000 \text{ m/s}$$

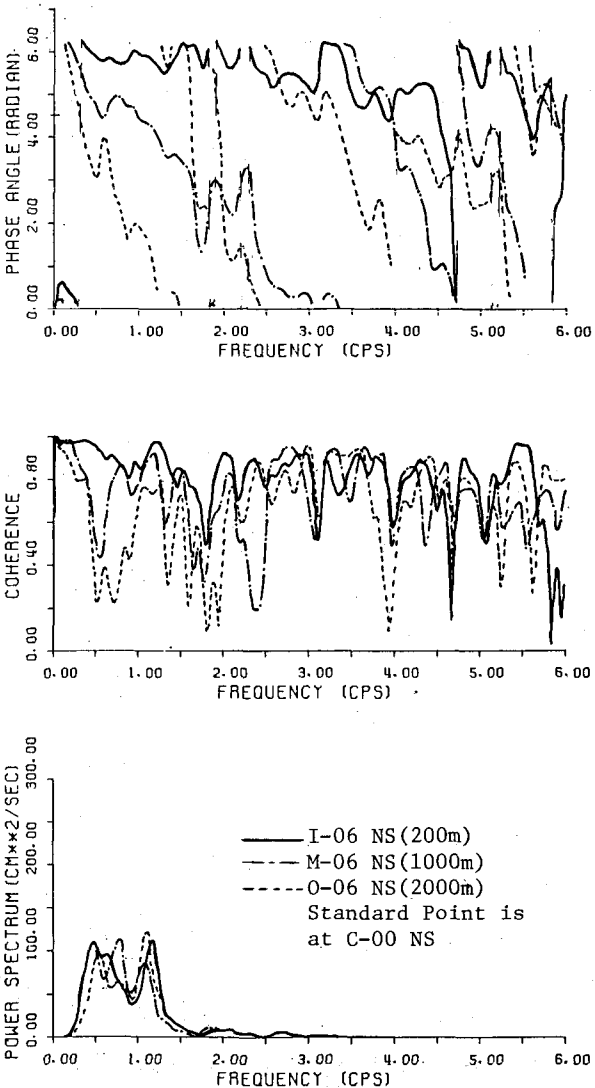


Fig.3 Power Spectrum, Coherence and Phase

Cは地震波の伝播速度に対応するが、C=3,000m/sはほぼ基盤岩のS波伝播速度に等しいことがわかる。式 (3) ~ (5) を式 (2) に代入すると、速度波形に関する相互パワースペクトルは、次式で与えられることになる。

$$P(\xi, \omega) = S_0^2/\omega_g^3 e^{-(\omega/\omega_g)^2} e^{(-\xi^a \omega^b / \alpha)} e^{-i\xi \omega / C} \dots (6)$$

したがって、空間的・時間的に変動する地震動の速度波形は、式 (6) より人工的に作成することができ、また、加速度波形、変位波形は、それぞれ、パワースペクトル $\omega^2 P(\xi, \omega)$, $\omega^{-2} P(\xi, \omega)$ より作りだすことが出来る。今後は実データや人工波を使って、地震動の空間的変動がどのように耐震設計とかかわってくるかと言う点を、定量的に検討する。

参考文献

[1] T.Harada "Probabilistic Modelling of Spatial Variation of Strong Earthquake Ground Displacement", Proc. of 8th. WCEE San Francisco, 1984