

# 強震記録の統計処理による地盤の増幅特性

東北工業大学 ○正員 木川 忠司  
東北工業大学 正員 神山 眞

## 1. はじめに

近年、強震記録の蓄積により、地震動特性を統計的に解析する研究<sup>1)</sup> が多く行なわれている。本報告は、強震記録より求められた速度応答スペクトルに対してダミー変数を導入した重回帰分析を施した統計処理により、各観測点毎の増幅スペクトルと基盤入射スペクトルのアテニュエーション式を求めたものである。

## 2. 解析対象地点

解析の対象とした地点は図-1に示すように運輸省港湾技術研究所により得られた強震記録<sup>2)</sup>のうち一観測点で六成分以上の完全な記録のある22地点である。このうち最大加速度が約50gal以上の強震記録により得られた速度応答スペクトル(水平動186成分、鉛直動93成分、減衰定数 $h=0.05$ )を解析の対象とした。

## 3. 解析の方法

解析にあたっては線形による重回帰モデルを考え、ダミー変数導入による大量変数重回帰分析(25変数)を行なった。いま、観測点総数を $N$ 点とし、そのうち最も詳しく地盤構造が知られている地点( $i=N$ 点)の理論周波数応答関数を $H(\tau)$ とすると次式重回帰モデルが設定される。

$$\log_{10} V(\tau) = a(\tau)M - b(\tau) \log_{10} \Delta - d(\tau) \cdot D - c(\tau) + \log_{10} H(\tau) + A_1(\tau) S_1 + A_2(\tau) S_2 + \dots + A_{N-1}(\tau) S_{N-1} \quad (1)$$

ここに  $V(\tau)$ : 速度応答スペクトル(KINE),  $T$ : 周期(SEC),  
 $M$ : マグニチュード,  $\Delta$ : 震央距離(km),  
 $D$ : 震源深さ(km),  $H(\tau)$ : 理論周波数応答関数,  
 $a(\tau), b(\tau), c(\tau), d(\tau)$ : 回帰係数(基盤入射スペクトル),  
 $A_1(\tau), \dots, A_2(\tau), \dots, A_{N-1}(\tau)$ : 回帰係数(増幅スペクトル),  
 $S_1, \dots, S_2, \dots, S_{N-1}$ :  $i$ 観測点におけるダミー変数

(1)式においてダミー変数は次の値をとる。

$$\begin{cases} \lambda = 1 \text{ 点のとき} & S_1 = 1, S_2 = S_3 = \dots = S_{N-1} = 0 \\ \lambda = 2 \text{ 点のとき} & S_2 = 1, S_1 = S_3 = \dots = S_{N-1} = 0 \\ \vdots & \vdots \\ \lambda = N-1 \text{ 点のとき} & S_{N-1} = 1, S_1 = S_2 = \dots = S_{N-2} = 0 \\ \lambda = N \text{ 点のとき} & S_1 = S_2 = \dots = S_{N-1} = 0 \end{cases}$$

従って(1)式から各観測点の増幅スペクトル $AMP_i(\tau)$ と基盤入射スペクトル $SV_0(\tau)$ は次のように与えられる。

### ◎各観測点の増幅スペクトル

$$\begin{cases} \lambda = 1 \text{ 点の増幅スペクトル} & AMP_1(\tau) = H(\tau) \cdot 10^{A_1(\tau)} \\ \lambda = 2 \text{ 点の増幅スペクトル} & AMP_2(\tau) = H(\tau) \cdot 10^{A_2(\tau)} \\ \vdots & \vdots \\ \lambda = N-1 \text{ 点の増幅スペクトル} & AMP_{N-1}(\tau) = H(\tau) \cdot 10^{A_{N-1}(\tau)} \\ \lambda = N \text{ 点の増幅スペクトル} & AMP_N(\tau) = H(\tau) \end{cases}$$

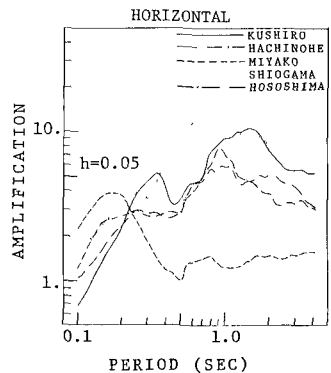
### ◎基盤入射スペクトル

$$SV_0(\tau) = 10^{a(\tau) \cdot M} \cdot \Delta^{-b(\tau)} \cdot 10^{-d(\tau) \cdot D} \cdot 10^{-c(\tau)} \quad (2)$$

図-1. 解析対象地点



図-2. 統計処理により求められた代表的地点の増幅スペクトル



#### 4. 解析結果・考察

今回の解析にあたっては岩盤が露出している大船渡港および、かなり詳しく地盤構造が求められている八戸港の二地点を基盤設定地点とした。ここでは紙面の都合上、大船渡港の水平動の例についてのみ示す。

上述のようにして求められた各観測点の代表的な増幅スペクトルを図-2に示す。各観測点毎にそれぞれ異なった増幅スペクトルが得られているのがわかる。

さらに、基盤入射波のアテニュエーション特性を詳しくみるため、(2)式における基盤入射スペクトルのマグニチュード $M$ 、震央距離 $\Delta$ 、震源深さ $D$ による依存性の検討を行なった。(2)式における4つの係数 $a(\tau)$ 、 $b(\tau)$ 、 $c(\tau)$ および $d(\tau)$ の周期に対しての変動を図-3、4に示す。まず、マグニチュード $M$ に依る係数 $a(\tau)$ をみると1秒より短い周期成分では周期が短かいほど小さく、これらに比べ1秒より長い周期成分のマグニチュード $M$ の依存性が大きいことが示されている。次に、震央距離 $\Delta$ に依る係数 $b(\tau)$ は0.2秒以下の短周期で大きくなる傾向がみられ、これらの周期成分での距離による減衰が大きいたことが示されている。また、震源深さ $D$ に依る係数 $d(\tau)$ は0.5秒以下において影響の大きいことが示されている。

以上のようにマグニチュード $M$ 、震央距離 $\Delta$ 、震源深さ $D$ などのパラメーターにより基盤入射スペクトルの周期特性は大きな影響を受けることがわかる。そこで以下においてこれらパラメーターの変化による基盤入射スペクトルの変動を代表的な例について示す。

図-5は図-3、4に示した係数を用いてマグニチュード $M=6.0$ 、震源深さ $D=40\text{km}$ での震央距離 $\Delta$ の変化による基盤入射スペクトルを示してある。0.2秒以下の短周期での減衰が見られるものの周期による影響はそれほど大きくない。図-6は震央距離 $\Delta=100\text{km}$ における代表的なマグニチュード $M$ の変動を震源深さ $D=0\text{km}$  (点線)、および $D=40\text{km}$  (実線)について示したものである。この図から、震源深さ $D$ は0.5秒以下の短周期に対して、また、マグニチュード $M$ は1.0秒以上の長周期に対して大きく影響していることがわかる。

以上のように、基盤入射スペクトルのマグニチュード、震央距離、震源深さに対する依存性(アテニュエーション式)が統計的に求められたことから、これを将来の地震動に対する応答スペクトルの統計的予測モデルとして用いることができると考えられる。

以上のように、基盤入射スペクトルのマグニチュード、震央距離、震源深さに対する依存性(アテニュエーション式)が統計的に求められたことから、これを将来の地震動に対する応答スペクトルの統計的予測モデルとして用いることができると考えられる。

<参考文献>

- 1). 例えは、片山、岩崎、佐伯「地盤動加速  
度応答スペクトルの統計解析、  
工学論文集第275号、1978年
- 2). 港湾地域強震観測年報：各港湾  
技研資料

図-3. 基盤入射スペクトルの帰係数 $a, b, c$

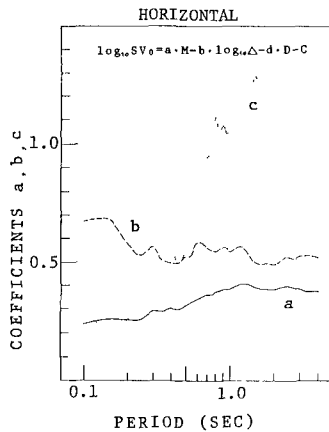


図-4. 基盤入射スペクトルの帰係数 $d$

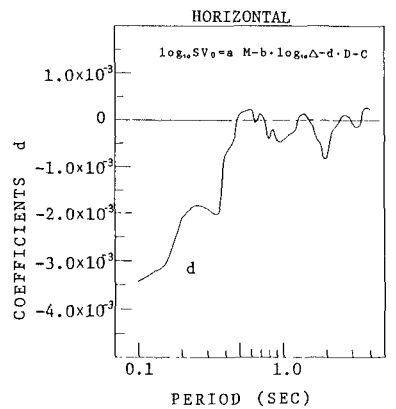


図-5. 震央距離による基盤入射スペクトルの変動

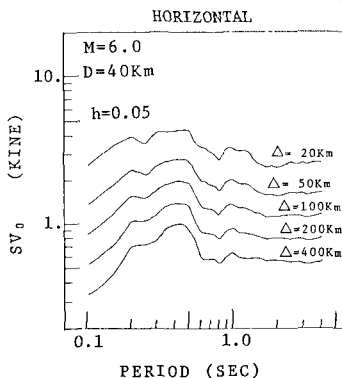


図-6. マグニチュード、震源深さによる基盤入射スペクトルの変動

