

東北工業大学 工学部 神山 真
東北工業大学 工学部 〇松川 忠司

1. はじめに

周知のように、地震動の諸特性はおもに水平動成分を中心にとして考察されてきた。一方、鉛直動成分も構造物の地震時挙動に少なからぬ影響を及ぼすと考えられ、その特性の把握は重要と思われる。この報告は、先に報告した統計解析手法^{1), 2)}を強震記録の鉛直動成分に適用して、鉛直動成分の増幅スペクトルと基盤入射波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. 解析手法

解析手法の概要は既に述べてあるので^{1), 2)}ここでは解析に用いられる重回帰式のみを再掲する。

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

ここに、 $V(\tau)$: 鉛直動成分の速度応答スペクトル、 T : 周期(sec)、 M : マグニチュード、 Δ : 震央距離(km)

D : 震源深さ(km)、 $H(\tau)$: 基準観測点の周波数応答関数、 $S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_{N-1}$: ダミー変数

式(1)において最小自乗法により回帰係数 $a(\tau)$ 、 $b(\tau)$ 、 $c(\tau)$ 、 $d(\tau)$ 、 $A_1(\tau)$ 、 $\dots$ 、 $A_{N-1}(\tau)$ の値を求めると任意の観測点 $i=n$ の増幅スペクトル $AMP_n(\tau)$ と基準観測点の基盤に対応する基盤入射波スペクトルのアテニュエーション式 $SV_0(\tau)$ は次のように求まる。

$$AMP_n(\tau) = H(\tau) \cdot 10^{A_n(\tau)} \quad \dots (2) \quad , \quad SV_0(\tau) = 10^{a(\tau) \cdot M} \cdot \Delta^{-b(\tau)} \cdot 10^{-d(\tau) \cdot D} \cdot 10^{-c(\tau)} \quad \dots (3)$$

3. 解析対象とした強震記録

解析対象とした強震記録は運輸省港湾技術研究所により得られた最大加速度約30ガル以上の鉛直動記録であり、一観測点につき個以上の完全な鉛直動記録の得られている14観測地点(図-1参照)、合計53個の鉛直動記録より求められた速度応答スペクトル(減衰定数 $\eta=0.05$)をデータセットとした。なお、基準観測点は水平動成分の考察¹⁾と同様に、岩盤が露出しており、基盤設定に相当と思われる大船度を選定した。従って以下の基盤とは、大船度で露出している岩盤(S波速度約1km/sec)に相当するものである。



図-1. 解析対象地点

4. 鉛直動成分の増幅スペクトルと基盤入射波スペクトル

上述の方法により求められた代表的観測点の鉛直動成分の増幅スペクトルを示したのが図-2である。比較のため、図-2と同一観測点で求められた水平動成分の増幅スペクトルを図-3に示す。図-2と図-3の比較から、鉛直動成分の増幅スペクトルは水平動成分のそれよりも全般的に増幅度が小さく、より短周期側に卓越周期を持つ傾向が観察される。但し、スペクトル形状は両者で比較的良好に似ており、鉛直動成分の成因という観点から注目される。

次に、鉛直動成分の基盤入射波に対するアテニュエーション特性をみるため回帰係数 $a(\tau)$ 、 $b(\tau)$ 、 $c(\tau)$ 、 $d(\tau)$ の周期毎の変化を示したのが図-4、図-5である。既に求められている水平動成分の回帰係数¹⁾と比較すると、 $a(\tau)$ 以外の係数の周期毎の変動幅は鉛直動成分の方が大きい。特に、距離減衰の大きさを表す係数 $b(\tau)$ の変動から鉛直動成分においては短周期における距離減衰が水平動成分より大きいことがわかる。

以上のように求まる回帰係数を用いて基盤入射波スペクトルの変動を表わした一例が図-6である。図-6は震央距離 $\Delta=100\text{km}$ のとき、マグニチュード M と震源深さ D による鉛直動成分の基盤入射波スペクトル変動を示したものである。比較のため、同様の変動を水平動成分について示したのが図-7である。図-6と図-7の比較から、鉛直動成分は水平動成分に比し、スペクトルの絶対値が全般に小さく、地震の規模の影響をより強く受けることがわかる。しかも、両者の地震規模の影響を比較すると興味深いことが見られる。すなわち、規模の小さい地震ほど鉛直動成分は水平動成分に比し小さいが、規模が大きくなるとその差が小さくなり、マグニチュード $M=8.0$ 程度の地震になると鉛直動入射波スペクトルは水平動のそれとほぼ匹敵する大きさとなる。このことは地震被害に対する鉛直動成分の役割を考える上で極めて示唆的なことから思われる。

一方、基盤入射波スペクトルの周期による変動については鉛直動成分、水平動成分ともに、全般的に同様の傾向が見られる。但し、震源深さの影響において鉛直動成分には水平動成分に見られない変動が存在することが注目される。つまり、約0.5秒の周期を境として長周期側は、それより短周期側は震源深さの影響が逆転している現象が鉛直動基盤入射波スペクトルに観察される。このことも鉛直動成分の成因を波動伝播特性の観点から考察する上で興味深いことと思われる。

今後、データセットをさらに広げ考察を深めたいと考えている。

(参考文献)

- 1) 神山, 和川: 第18回地球工学研究発表会
- 2) 神山, 和川: 第19回地球工学研究発表会

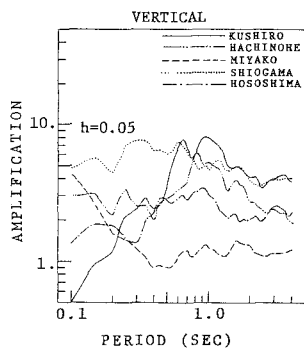


図-2. 統計的処理によって求められた代表的地点の増幅スペクトル (鉛直動)

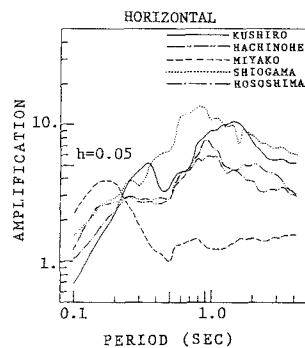


図-3. 統計的処理によって求められた代表的地点の増幅スペクトル (水平動)

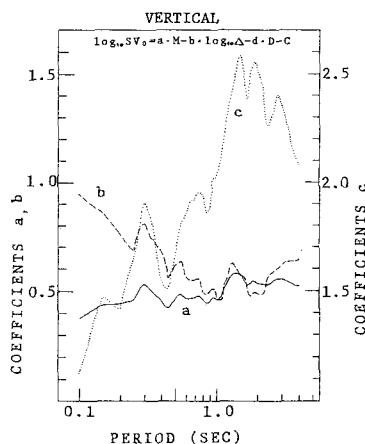


図-4. 基盤入射波スペクトルの回帰係数 a, b, c (鉛直動)

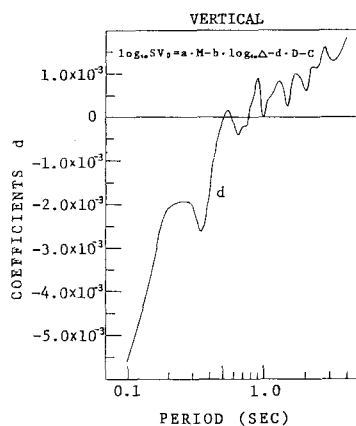


図-5. 基盤入射波スペクトルの回帰係数 d (鉛直動)

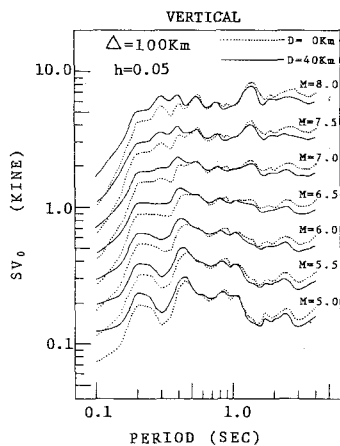


図-6. マグニチュード、震源深さによる基盤入射波スペクトルの変動 (鉛直動)

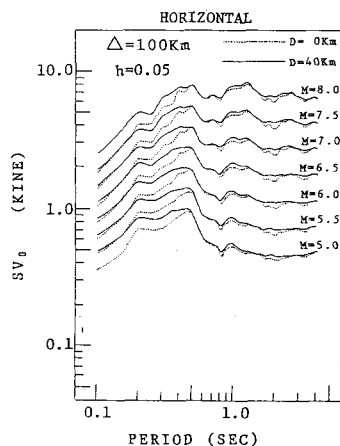


図-7. マグニチュード、震源深さによる基盤入射波スペクトルの変動 (水平動)