

1. まえがき

近年、深さ数 km に達する首都圏の厚い堆積層の振動挙動の解明が、この地域における構造物の長大化あるいは大型化に伴って必要とされるようになってきた。この厚い堆積層に起因する表面波の挙動に関しては、観測記録と理論モデルとの整合もすぐに行われている。しかしながら、実体波の挙動に関しては、深い地中における観測の困難さから、理論的に推定にとどま、ている。ここでは、地表および深層観測井（名称、G.L-3.5 km）における加速度の同時観測記録を用いて、実体波によつて厚い堆積層の振動挙動について推定した結果を述べる。

2. 波動伝達関数のインパルス応答

基盤層内に垂直入射する S 波 u_n に対して、地表観測波 y_n および基盤層内観測波 z_n は、各々次式となる。

$$y_n + \sum_{k=1}^p g_k y_{n-k} = z(1 + \sum_{k=1}^p g_k) u_{n-b} \quad (1)$$

$$z_n + \sum_{k=1}^p g_k z_{n-k} = (1 + g_p)(u_n + u_{n-p}) + \sum_{k=1}^{p-1} g_k (u_{n-k} + u_{n-p+k}) \quad (2)$$

ここで、基盤層上の表層は p 分割される ($2b=p$)、各層における S 波通過時間は、共通に $T/2$ とする。分割された薄層は、地表から順序イコールされているものとし、第 k 層と $(k+1)$ 層における上昇波の反射係数を r_k とする。また、各層は均質であるとする。係数列 g_k は、反射係数の二次項までで近似すれば、次式となる。

$$g_1 = r_1 + \sum_{k=1}^{p-1} r_k r_{k+1}, \quad g_k = r_k + \sum_{k=1}^{p-k} r_k r_{k+k} \quad (2 \leq k \leq p-1), \quad g_p = r_p \quad (3)$$

(1) および (2) 式に基いて得られるインパルス応答を以下のよう
に有限長列限してフーリエ表示する。

$$H_y(\lambda; T_g) = z \bar{z}^{-b} \left[\alpha_0 + \sum_{k=1}^p \alpha_k \bar{z}^{-k} \right] \quad (4)$$

$$H_z(\lambda; T_g) = \beta_0 + \sum_{k=1}^p \beta_k \bar{z}^{-k} \quad (5)$$

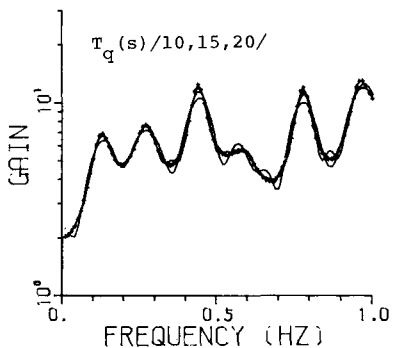
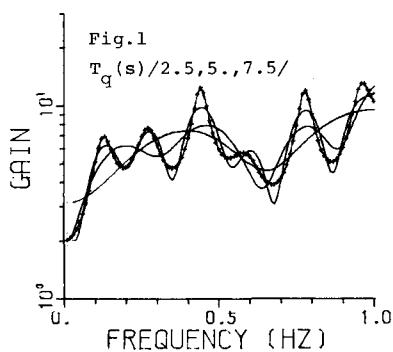
ただし、 $\bar{z} = e^{i\lambda}$, $\lambda = \omega T$, $|\lambda| \leq \pi$ とする。反射係数の二次までの項を用いれば、最初の $(p+1)$ 項は以下で近似される。

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= R_0 + p \sum_{k=1}^p R(k), \quad \alpha_1 = -r_1 R_0 - p R(1) \\ \alpha_n &= r_{n-1}^2 - r_n R_0 - p R(n) \quad (2 \leq n \leq p-1), \\ \alpha_p &= r_{p-1}^2 - r_p R_0 \end{aligned} \quad (6)$$

ただし、

$$R_0 = 1 + p E(r), \quad E(r) = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p r_k, \quad R(n) = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^{p-n} r_k r_{k+n} \quad (7)$$

名称における速度構造を用いれば、 $T = 0.025$ s とし k とし、 $p = 326$ となる。図 1 に $|z^{-b} H_y(\lambda; T_g)|$ を示す。ただし、 $T_g = 2.5, 5, 7.5, 10, 15, 20$ s である。また、図 2 は、 $|g_1(\lambda; T_g)| \sim |z^{-b} H_y(\lambda; T_g)| / |H_z(\lambda; T_g)|$ を示す。ただし、 $T_g = 5, 10, 20$ s である。図 1 は、卓越振動の分離が $T_g \sim pT$ 程度から生じることを示し、図 2 は、波動伝達関数の推定には、 $T_g \sim 3 \cdot pT$ 程度以上の解析区間が必要

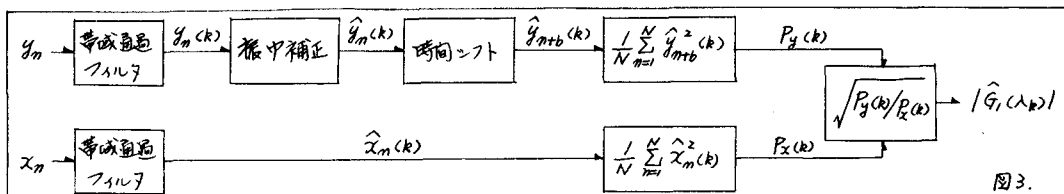


であることと示している。

3. 波動伝達関数の推定

2. にしたがって、推定区間をS波の初めから20秒間とした。推定方法は、推定周波数域に於いて、推定区間が短いから、図3のような $|G_1(\omega)|$ 推定とした。帯域通過フィルタは、二次形

$$B_R(s) = \frac{2h_R\omega_R s}{s^2 + 2h_R\omega_R s + \omega_R^2} \quad (8)$$



から $[B_R(j\omega) + B_R(-j\omega)]/2$ を用いて構成した。実際には、二極二重実型のデジタル・フィルタを加速度列に前向きおよび後向きに作用させて加えることによりフィルタリングする。帯域通過フィルタのステップは、 0.01 Hz までのみ、 $0.01 \sim 1\text{ Hz}$ で等間隔とした。また、(8)式で

$$h_R = 0.01 \times 2\pi \times \omega_R^{-1} = 0.01 f_R^{-1} \quad (9)$$

とした。

4. 観測記録からの推定

図4および図5に推定結果の例を示す。図4は、深発地震(1978年3月7日、東海トラフ沖、深さ約40km)のEW成分を用いて推定した結果である。この程度の深発地震では、垂直入射の仮定はほぼ満たされていると考えられる。推定結果からみれば、卓越振動の分離は明瞭になされており、右欄における速度補正から計算される $|G_1(\omega)|$ との比較も良い照合を示す。ただし、図4(および図5)において、計算される $|G_1(\omega)|$ は、 $h=0.005 f^{-1}$ の減衰を入れてある。

図5は、1978年宮城県沖地震における記録のEW成分を用いて推定した結果である。右欄における観測記録も含めて、首都圏において観測されたこの地震における記録では、表面波らしい分散は明瞭に現れなかった。図5における推定結果は、図4程明瞭ではないが、更体波の波動伝達特性を示している。

また、マグニチュード6程度以下で、首都圏に発生した深さ数10 km以上の地震の記録では、卓越振動の識別がこの周波数領域では困難であった。

