

常時微動と地盤構造について

神戸大学工学部 正員 高田至郎
神戸大学工学部 学生員 ○高橋俊二

1. まえがき

常時微動の発生原因や波動特性に関しては未だあいまいな点が多い。しかし、微動が観測点の地盤構造を反映した周期特性を有することは、従来指摘されている通りである。この原因として、せん断波の地盤層での重複反射によるもの、表面波の伝播に伴う表層地盤構造の反映などが考えられている⁽¹⁾。本研究では、地盤構造の異なるいくつかの点で観測された常時微動記録を用いて、各地点での地盤構造との関係からせん断波の重複反射による特定の周期卓越の考えの妥当性について検討を加えた。

2. 地盤層のモデルおよび周波数伝達関数

Fig.1に観測点a~cの地盤構造を示す。各地点の地盤を、せん断振動を行なう多層水平地盤と見なし図中に示すようにモデル化した。モデル化にあたり、基盤は沖積層下の岩盤あるいはN値50以上の洪積層とし、地盤のせん断波速度 V は、 $V = 85 \times N^{0.35}$ の関係式より推定した。なおかかる地盤モデルにおいては、一次の固有振動数 ω_0 が卓越することが予測されるので減衰定数 β を、 $\beta = 2\zeta\omega_0/2\zeta$ と仮定して計算に用いた。ここに ζ は複素剛性の実部、虚部に対応するものであり、各層で β/ζ は一定値をとるものと仮定し $\beta = 5\%$ を与えた。せん断波動方程式より計算した各地点の周波数伝達関数の振幅特性 $|H_j(i\omega)|$ ($j=a \sim c$) および位相特性 $\phi_j(i\omega)$ ($j=a \sim c$) を Fig.2, Fig.3 に示す。卓越周期はa点では8.5Hz, b点では2.5Hz, c点では0.7, 2.0 Hzである。常時微動における卓越周期をせん断波の重複反射によるものと見なせば、各地点の基盤と仮定した位相では同一の波動特性をもちことが推測される。そこで本解析では、もっとも基盤の運動に近似的であると思われるa地点の地表面でとれた波形 $f_a(t)$ と、上記の周波数伝達関数を用いて、基盤の波形 $g_a(t)$ を次式によって求めることにした。

$$g_a(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F_a(i\omega) / H_a(i\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad \text{----- (1)}$$

ここに $F_a(i\omega)$ は $f_a(t)$ のフーリエ変換である。しかる

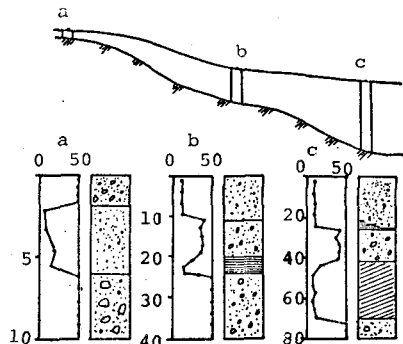


Fig.1 Measured points

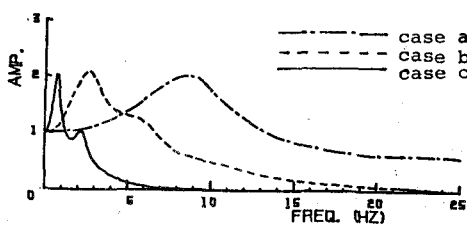


Fig.2 Frequency response functions

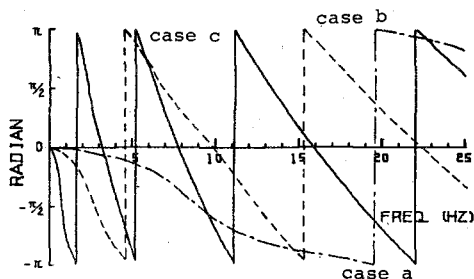


Fig.3 Phase characteristics

後、上記の $g_a(t)$ を用いて次式より、 b, c 地点の理論常時微動波形を計算することにする。

$$f_b(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} G_a(i\omega) H_b(i\omega) e^{i\omega t} d\omega, \quad f_c(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} G_a(i\omega) H_c(i\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad \text{--- (2)}$$

ここに $G_a(i\omega)$ は基盤のスペクトルである。これより実測された常時微動波形のスペクトルと、理論スペクトルを比較することによって、卓越周期が重複反射によるものかどうかを検討できる。ただし、周波数伝達関数の計算に用いた減衰定数については、あいまいな点が多く振幅値を比較することは困難であろう。

3. 常時微動の測定および解析

測定は交通量の最も少ない深夜に行ない、3地点ともほぼ同時に、水平、上下2成分の波形を約5分間にわたり記録した。Fig. 4にQ地点の観測常時微動記録を示す。また、Fig. 5は式(1)を用いて計算したQ地点の基盤での常時微動波形を示している。またこのフーリエスペクトルの振幅をFig. 6の破線で示す。3Hz付近では若干値が大きくなっているが0~25Hzにわたってほぼ同レベルの振幅値を有し、基盤ではホワイトノイズの特性をそつことが知られる。なお、上下成分より計算した基盤のスペクトルは、Fig. 6よりさらにホワイトノイズに近いスペクトル特性をそつことも知られた。

4. 測定結果と計算結果の比較

Fig. 7, 8にそれぞれ、 b, c 地点での観測常時微動波形のフーリエスペクトルを実線で示した。また、計算した b, c 地点でのスペクトルを各図中に破線で示した。振幅レベルは異なるが、 b 地点では各卓越周期は実測値と良く対応する。また、 c 地点では、3Hz付近以外ではよく一致している。この3Hzは基盤のスペクトルに卓越しているものである。これらの結果より、せん断波動の重複反射によって常時微動に卓越周期が生じることは明らかであろう。参考文献(1)が、比較的低・周期の常時微動の研究、第9回土木学会シンポジウム、1971.10。

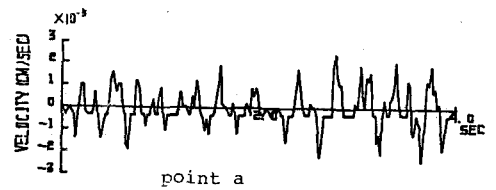


Fig. 4 Observed microtremors

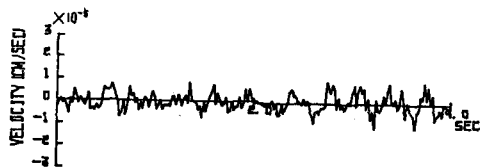


Fig. 5 Calculated microtremor on the ground base

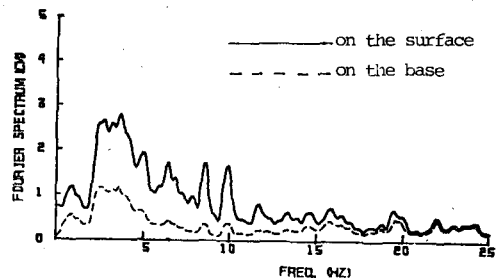


Fig. 6 Fourier spectra at point a

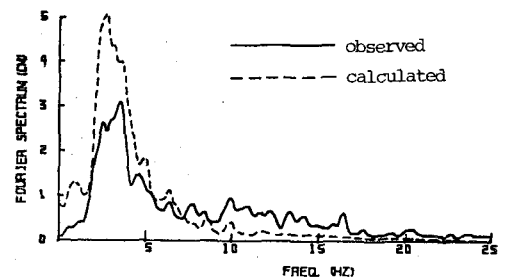


Fig. 7 Fourier spectra on the surface

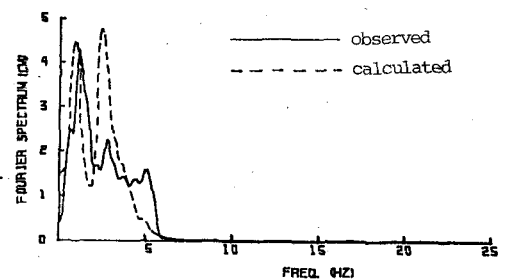


Fig. 8 Fourier spectra on the surface