

# 扇状地の地盤の常時微動特性\*

服部 秀人\*\*

## 1. ま え が き

常時微動によって地盤の構造や振動特性を推定して、地盤の地震動予測に役立てようとする試みが最近多く見受けられる<sup>(1)~(3)</sup>等。沖積平野のように地盤構造がかなり広い範囲にわたって一様な場合には、微動特性と解析モデルとの対応は比較的良好である。扇状地のように地盤構造が、せまい範囲でかなり変化する場合には多少問題がある。しかし、ある地域のサイスミックゾーニングを行う場合、常時微動特性の利用は重要な一手法であって、とりわけ扇状地のごとき地盤構造の変化のはげしい地域においては、その変化に応じた細かい資料を常時微動以外に求めることはなかなか困難なため、微動特性の重要性は大きい。

以上の見地から、筆者らは長野盆地の代表的扇状地である浅川扇状地において常時微動観測を実施しており、データが蓄積されつつある<sup>(4)~(6)</sup>。

本報文は、浅川扇状地において線状に微動観測を行い、その周波数特性と振幅特性について測線上の変化を調べたものである。

## 2. 常時微動観測

### 2-1 測線

図1に測線を示す。扇状地の縦方向に2本(V1-V1, V2-V2)横方向に3本(H1-H1, H2-H2, H3-H3)それぞれ設定し、扇状地の上部、中間部および先端部での微動特性の変化を線状にながめようとしたものである。

### 2-2 扇状地の地盤

既存のボーリング資料が多くないので、測線に添って地盤がどのように変化して

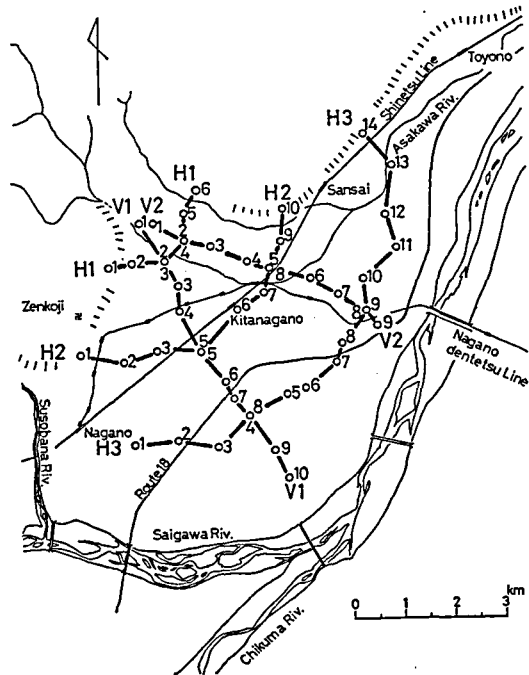


図1 測線

\* 昭和58年2月 土木学会中部支部研究発表会において発表

\*\* 土木工学科 講師

原稿受付 昭和58年9月28日

いるか明らかではないが、測線付近のボーリング資料を参考にして概略表層厚の変化を知ることができる。図2はV1測線に添った扇状地の断面図である。○印1～10は観測点、△印B1～B8は測線付近の既存のボーリング点である。破線はボーリング資料より推定される表層厚を示している。

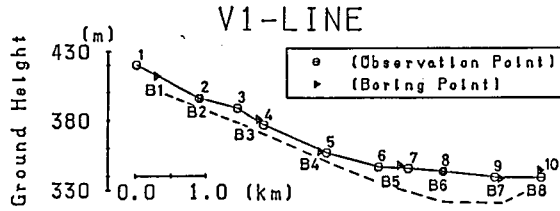


図2 V1測線に添った扇状地断面

図3にV1測線付近のボーリング柱状図を示す。扇状地上部から中間部にかけては砂礫とシルトあるいは粘土の互層であり、中間部から先端部にかけては極端な軟弱層が存在しその深さは20mに達している(B6)。さらに先端部では強固な礫層が表われ、軟弱な表層は2mほどとなっている(B8)。V1測線以外にボーリング資料が付近に存在するのはH2、H3の各測線であり、観測結果の図7、図8中の(a)図にそれら資料から推定される表層厚を破線で示してある。H3測線では左から右へ次第に軟弱層が増し、40m以上となる場所が存在する。

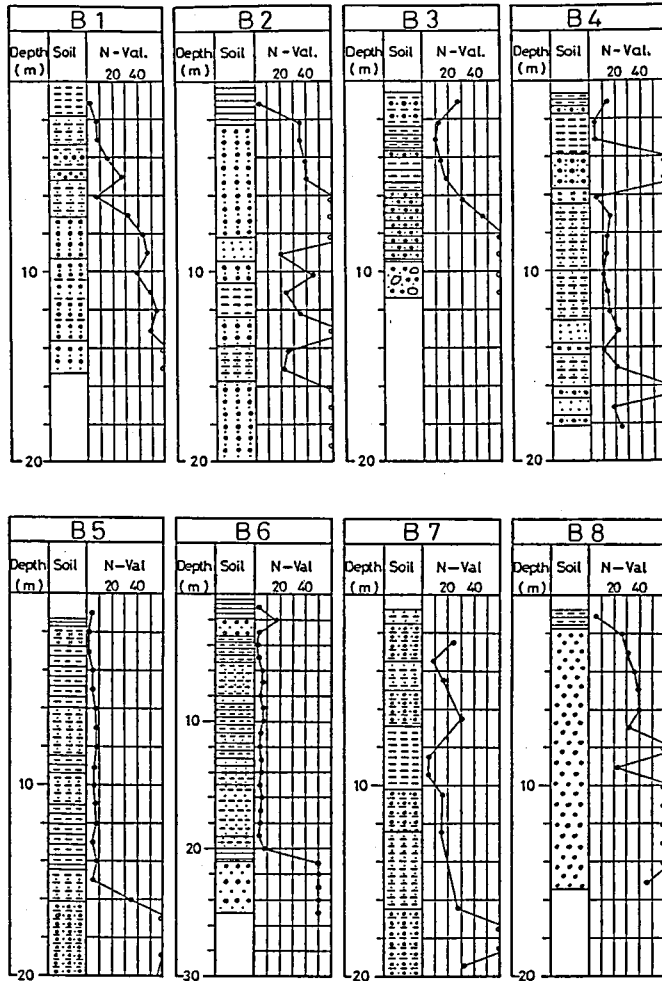


図3 V1測線付近のボーリング柱状図

2-3 常時微動観測

各測線の地表面において水平2成分(NS, EW), 上下(UD)1成分の3成分観測を行った。計測時間は最低2分間確保することとした。計器は固有周期2秒の電磁式振動計を用い、しゃ断周波数22.4Hzにセットして、微動の速度波形をデータレコーダーに記録した。

記録の総合周波数特性は0.5~20Hz の範囲でほぼ平坦である。

### 3. 観測結果

#### 3-1 解析

時刻み0.02秒, 解析時間長約80秒間として, 相関器とフーリエ変換器によりパワースペクトルを求め, フーリエ変換器の出力をパソコンに入力し, 卓越振動数, rms 値による平均振幅, フーリエスペクトル等をX-Yプロッターに出力させた。

#### 3-2 観測結果

図4にV1測線の観測結果を示す。

(a)図は図2と同じ図であるが(b)~(d)図の横軸は(a)図同様, 観測点の位置を示すので, 各図に対応させて見るために再掲したものである。

(b)図は各点の卓越周波数である。

測点2~6はほぼ一様に3Hz前後の値を示し, 測点7, 8では多少表層厚と対応した低下が見られる。測点9~10は図3のB8の柱状図にも見られるように, 表層厚が小さくなるため高周波があらわれている。

(c)図は, スペクトルにおいて卓越周波数より高周波な帯域に表われる二次的な卓越周波数を示したものであり, 2図, 3図に見られる地盤構造の変化と対応した傾向がうかがえる。

(d)図は各測点における速度波形のrms 値による平均振幅を示したものである。測点6, 7では観測の際, 国道18号の交通がはげしくその影響を避けることができなかったため, この2点を除いてながめると, 右上りの変化が見られ, 扇状地の上部から先端部へかけて次第に微動の振幅が増大する傾向がうかがえる。

図5にV2測線の結果を示す。

V2測線付近には適当なボーリング資料がほとんど無く, 地盤構造は不明である。(b)図の卓越周波数はほとんど2~3Hz である。ただ測点5に6Hzほどの値が表われており, 表層の浅いことが推測される。(c)図の変化はV1測線の場合よりさらに明瞭に表われ, 測点1~7にかけて次第に低周波となる。測点7~9は(b)図と同じ値を示しており, 微動のスペクトル

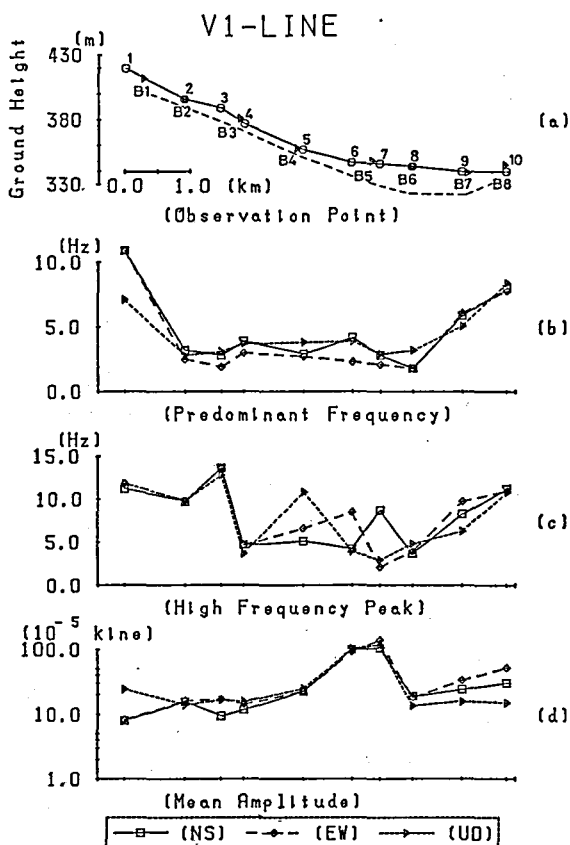


図4 観測結果 (V1測線)

が単一のピークを示していることがわかる。(d)図の変化も V1 測線に見られる傾向と同様右上りの傾向が見られる。常時微動を雑多な振動源による地盤の定常不規則応答であるとみなすならば、微動波形の2乗平均値は地盤の周波数応答関数と密接な関係にあることは不規則振動論の教えるところである。従って2乗平均値の平方根である rms 値が4図および5図の(d)図に見られるように、右上りの傾向を示すということは、扇状地の上部から先端部にかけての地盤構造の変化と対応した周波数特性の変化が微動に表われているものと解釈される。

図6および図7にそれぞれ H1, H2 測線の結果を示す。

H1 測線は扇状地の上部に設定した測線である。測線の端と中間では地形区分が異なるにもかかわらず(b)図の卓越周波数はほぼ一様で、3~4 Hz の値を示している。(c)図においては測点2を除いてそれぞれ10Hz前後の値が表われている。(d)図の平均振幅の値も余り大きな違いを示さない。

H2測線は扇状地中間部に位置しており、(a)~(d)図ともに横方向の変化が大きい。この測線の辺りでは、砂礫層と粘土あるいはシルト層の互層の所 (a)図の B5, B8等) と軟弱な表層を有する所 (B2, B7等) が入り組んでいる。このことと対応すると思われる傾向が図(d)に見られる。測点2, 9では振幅が大きく、測点6では小さくなっている。また(c)図と(d)図の変化が互いに良く対応している。これは前述のV1およびV2の各測線においても見られた特徴であって、地盤構造を反映した微動特性であろうと思われる。

図8にH3測線の結果を示す。

H3測線は扇状地の先端部あるいは千曲川の後背湿地にある。測点1, 2辺りは裾花川あるいは犀川の氾濫原であり、薄い表層の下には堅固な砂礫層が存在している。そして右へ行くにつれ次第に軟弱な表層厚が増しており、(b)図の卓越周波数はこれと良く対応して変化している。このような地盤においては高周波側に二次の卓越周波数は余り表われず、(c)図は(b)図とほぼ同様となっている。平均振幅については、他の測線の場合ほど明瞭ではないが、(d)図と(c)図あるいは(b)図との対応関係が見られる。

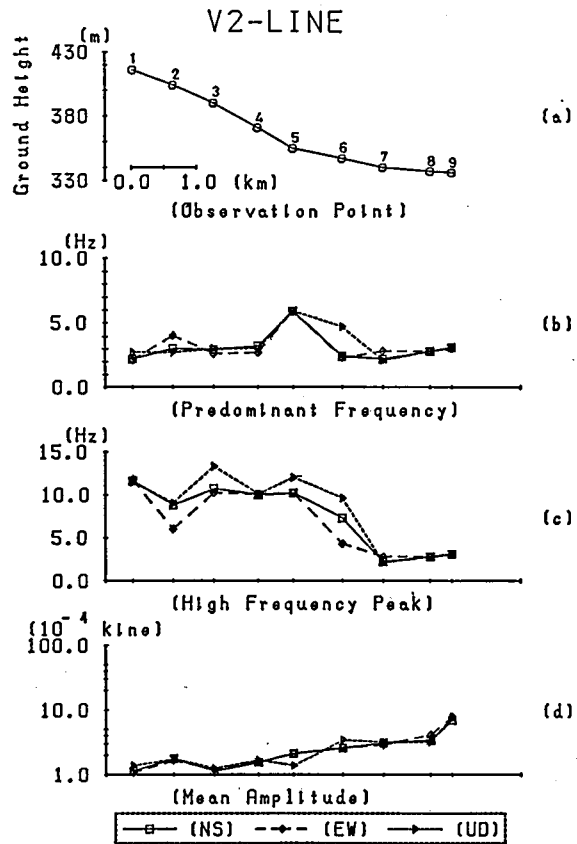


図5 観測結果 (V2測線)

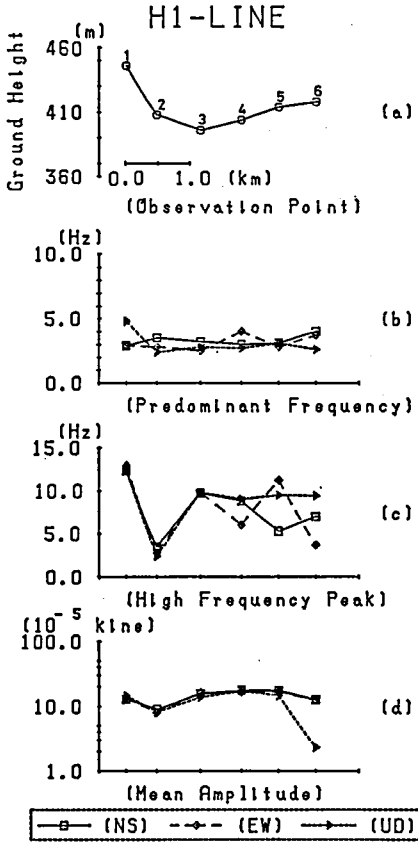


図6 観測結果 (H1測線)

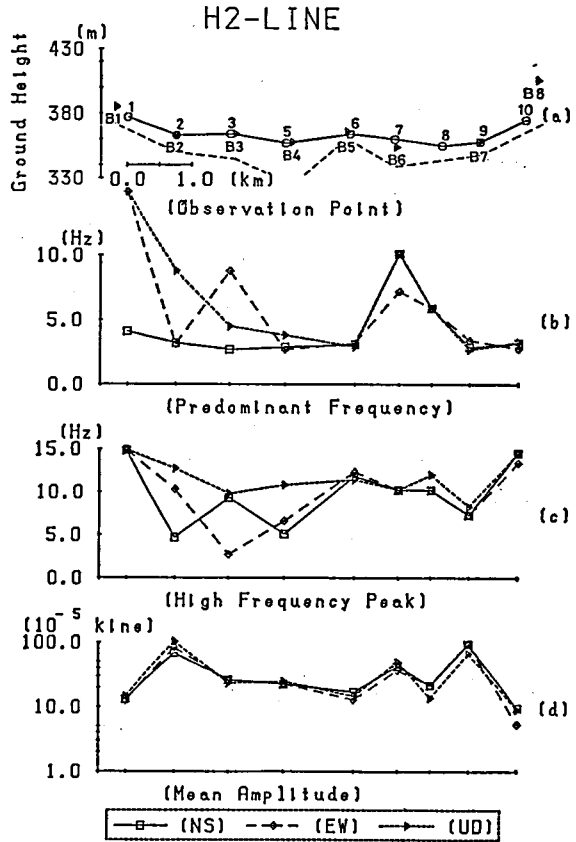


図7 観測結果 (H2測線)

#### 4. あとがき

今回の観測で明らかになった常時微動特性を列挙すると次のようである。

- (1) 扇状地先端部では卓越周波数と表層厚が良い対応を示す。
- (2) 扇状地上部から先端部にかけて、rms 値による平均振幅が次第に増大する。
- (3) 卓越周波数より高周波の帯域における二次の卓越周波数と平均振幅がかなり良く対応する。
- (4) 従って、卓越周波数、平均振幅同様、二次の卓越周波数も微動特性の重要な要素であると言える。
- (5) 地盤構造の変化に対応して微動の特性もかなり変化すると見てよさそうである。

以上のことから、扇状地のような地盤構造の変化がはげしい地域についてサイスミックゾーニングを行う場合にも、常時微動が有効な手段となり得ると考えられる。

まだ測点の数が少なく、サイスミックゾーニングには不十分であるので、今後更に観測点を増してゾーニングの精度を高めたいと考えている。

謝 辞

筆者の一連の研究の共同研究者であり、日ごろ御指導いただいている東京都立大学工学部国井隆弘助教授に御礼申し上げます。また、観測ならびにデータ処理について御教示いただいた信州大学工学部島 坦教授に御礼申し上げます。

解析の際、フーリエ変換器とパソコンとのインターフェース作成に懇切な御指導をいただいた、本学電気工学科知野照信講師ならびに、X-Yプロッタの制御について御指導いただいた本学機械工学科堀内泰輔助手に御礼申し上げます。また、観測と解析に御協力いただいた本校卒業生塩原正夫氏（現在日本道路公団）、波場孝友氏（同 東京道路エンジニア株式会社）に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 森, 土木学会論文報告集, 313号, 1981, p.55~64
- (2) 荏本他, 土木学会年次学術講演会概要集 I, 昭和57年, p.691~692
- (3) Kamiyama et al., Proc. of the 6th JEES, 1982, p.481~488
- (4) 服部他, 土木学会中部支部研究発表会概要集, 昭和55年, p.216~217
- (5) 服部他, 土木学会中部支部研究発表会概要集, 昭和56年, p.192~195
- (6) 服部他, 土木学会中部支部研究発表会概要集, 昭和58年, p.346~347
- (7) 長野県建築士会, 「長野市地盤図」, 1977

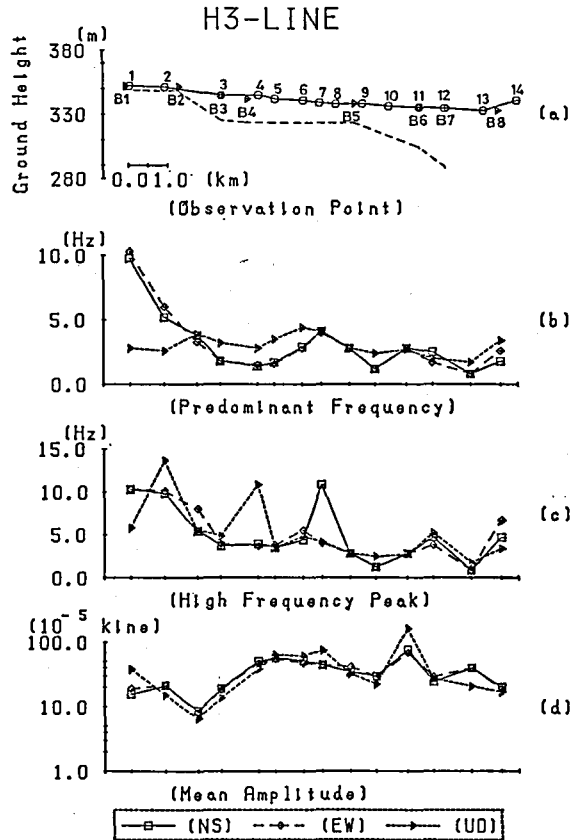


図8 観測結果 (H3測線)