

段丘地形における常時微動の観測

信州大学工学部 正員 〇島 坦
正員 泉谷 恭男

1. まえがき

長野県南部を縦走する中央構造線の西側には天竜川流域に発達した段丘地形が数多くみられる。その中で松川沿いあるいは周辺に発達した飯田盆地を中心に常時微動の観測をおこない、段丘地形の地表構造との関連について調査をおこなった。

段丘地形の生成については扇状地形における河川の侵食作用あるいは断層による等の理由があげられているが、飯田地方の地形においてこれらの段丘は地質時代の歴史的過程を経て変化し、極めて複雑に分布している。段丘地形の標高は約 400~600m の範囲で、それより高いところでは花崗岩が露出していることが多い。この基岩上にある段丘形成の地層についてはすでに地質学的立場から層序についての調査がなされているが、主として砂、粘土、礫層より成っている。常時微動の測定から得られる地下構造の推定にあたっては地質学的調査との対応についても考慮する必要がある。

2. 微動のスペクトル分類

飯田盆地における常時微動の観測点は 88 点選定が行なったが、測定の範囲は $35^{\circ}23'15'' \sim 35^{\circ}33'N$, $137^{\circ}45' \sim 137^{\circ}51'E$ (東西 13.5km, 南北 18.0km) で、ほぼ飯田市、上郷町、長野市を含む地域である。

常時微動の観測には周期 1 秒の地震計を用い、速度記録からスペクトルを求めた。いさまり易くするためにスペクトルの形を分類して地域的な分布を調べてみた。図 1 に代表的な例として地点 No. 4 大堤団地, No. 43 文化会館, No. 29 佐々木水引 KK, No. 13 産光手石油油槽所のスペクトルをそれぞれ I 型, II 型, III 型, IV 型とした。横軸は振動数 0~5 Hz の範囲で、縦軸はデシベルで表示した。比較的振動数の大きいところでピークがあらわれる場合を I 型、振動数の大きいところと小さいところの 2 つあるいは 3 つのピークがみられるスペクトルを II 型、全体に振中分布が一様なスペクトルを III 型、低振動数にピークがあらわれるスペクトルを IV 型とした。すべての観測点で図 1 のようにはっきり区別できるわけではなく、その中間のスペクトルもみられるが、4 つの型にともかく分けてみた。このような分類に従ってスペクトル型を地図上にプロットしてみたのが図 2 である。この地形図は 15' ほどのメッシュに刻んだ点の標高の値を比例配分して等高線を 40m ごとに図化したものである。

飯田盆地は天竜川の扇状地に発達しているが、松川を挟んで北側及び南側に段丘地形を形成し、都市部をなしている。図 2 の中で観測点 No. 96 の少し東側に天竜峡があるが、それより南側では段丘地形はない。これまでの地質調査の結果から

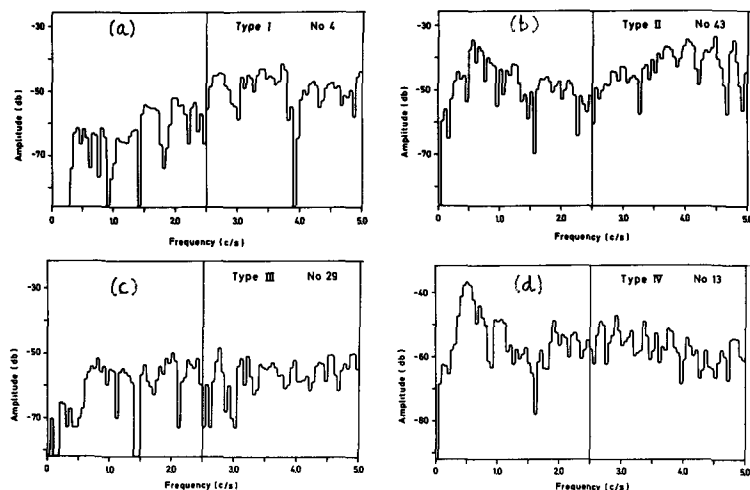


図 1. 常時微動のスペクトル形による分類

いくつかの断層の存在が明らかになっているが、あわせて図上に示してある。

図2のスペクトル分類から概略すると次のようになる。

i) 松川が天竜川に注ぐ地域はほんらん原を形成しているが、その地域ではスペクトル型はⅡ型かⅣ型が多い。

ii) 標高450m以上の天竜川西側の段丘地域では松川を境として南北両側でスペクトル型が異なり、北側ではⅡ型が多く、南側はⅠ型が多い。

iii) 北部の山地と南部の山地とを比較すると前者ではⅠⅡ型が多いのに対し後者ではⅡⅢ型が多い。

今回行った調査では観測点は全体に密に分布していないので、いさゝとところ確定的なこととは言えないが、一つの傾向を示していると言ふことが出来る。

3. 地形解析

さきに現地形についてスペクトル分類を述べてみたが、段丘地形をもう少し明確に表現できないかという試みで数値的に解析を行なった。図2の太線の範囲すなわち $35^{\circ}25' \sim 35^{\circ}33' N$, $137^{\circ}45' \sim 137^{\circ}53' E$ について 15° ごとに読まれた

標高の値について $Z = a + bx + cy$ (Z : 高さ, x, y : 東西, 南北方向の座標) であらわされるような一次式の平面を最小二乗法で求める。次に地図上の読取り値 Z_0 との偏差 $\Delta Z = Z_0 - Z$ を求め、40m 毎に等偏差曲線を描いたのが図3である。なお偏差0の部分は大線としてある。基準の一次面の等高線も100m 毎に点線であらわして付加してある。このような操作を施した理由は地形を考えると普通平衡面が水平であるという潜在的な意識をもっているものと考えられるが、むしろ平衡面は一次、あるいは高次の面と考えてその面からの偏差を議論してみてもどうかということである。もっとも簡単な表現は一次の傾斜面ということであるので、目標とする範囲について計算を試みてみた。その理由は図2の中、南側の部分では天竜谷を境として以南では段丘地形がみられないことと全域を入れて計算すると一次面の傾斜が 1° 以下となり現地形と大差がなくなる。従って対象とする地域の範囲については一次面の傾斜及び方向があまり変化しない条件で最大限の範囲をとってみた。すなわち図2の太線の範囲で計算を試み、一次面の等高線及び等偏差曲線のプロットが図3である。一次面の傾斜方向は $N 124^{\circ} E$, 傾斜角は 1.76° である。

図2と図3の相違は松川及び周辺の段丘地形と特に松川中流部に凹部の生じることである。これは一次面の自然勾配に生じるような大規模な構造力以外にごく局所的な構造力の影響があると考え、このことと地下構造にも変化を生じていると思われる。一方一次面の方向及び傾斜角にとらわれない図2の南部の地形変化の大きいこと

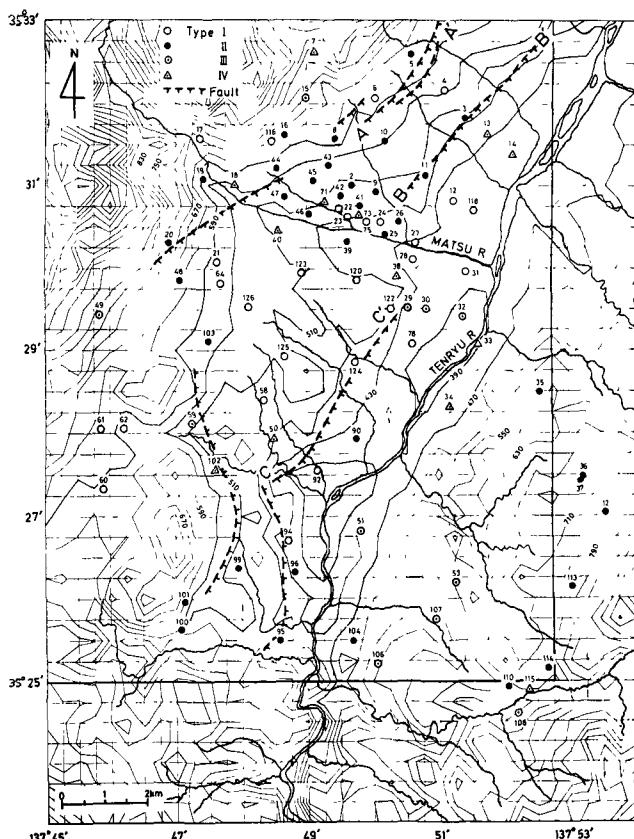


図2. 地形図とスペクトル型の分布

ろや北西部と南東部の急傾斜地はこの解析によってあまり影響をうけない。従って図2と図3を比較すると目立つ相違はない。

いま図3のような等偏差曲線の図中にプロットしたスペクトル分類をみてみると前述のようなスペクトルの形の変化がより一層はっきりする。明らかに松川周辺をみると中流部の凹部を境として、その北側でⅡ型が多く、南側でⅠ型が多い。前者はA-A'線の断層下部にあたり、河川の侵食をうけた地域にある。なお側外的にⅠ型とⅣ型の観測点がみられるが、古い段丘が局部的に存在し、その地点でⅠ型を示し、一方局部的に河川の影響を強く受けたと思われる地点がⅣ型を示すという様な変化の激しい場所がある。

一方松川の南側のⅠ型の多い地域はC-C'線の普通寺断層の上部にあたり、河川侵食の影響の少ないところである。

松川と天竜川の合流点に近いⅢ型、Ⅳ型のみられる地域ははんらん原にあたる地域あるいはその付近で、このことは前述と変つていないが、更に断層との関係を言うならば断層のB-B'、C-C'線の下部にあるための影響もあってスペクトルの型が変わつてくることもできる。

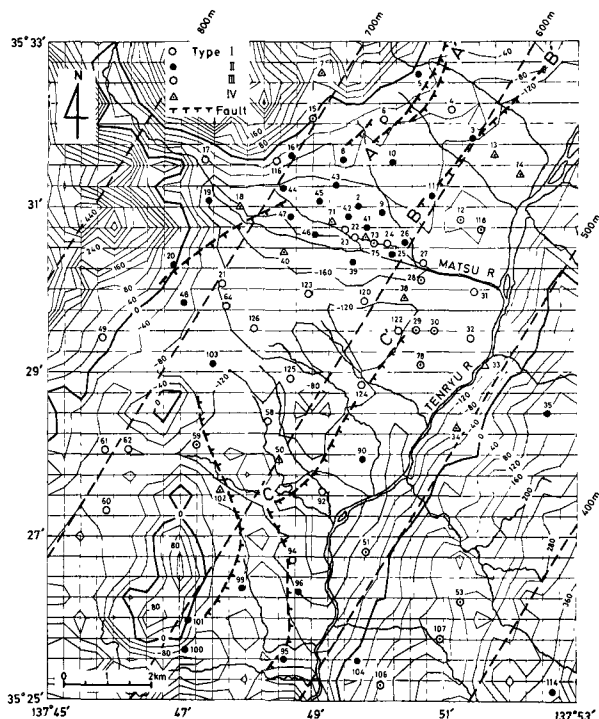


図3. 地形解析による一次面の等高線、等偏差曲線およびスペクトル型の分布

4. スペクトルと地下構造

いままで述べたスペクトルの分類ではスペクトルの形を言っており極めて定性的な説明しかできなかった。従って表層構造に基づいてスペクトルの形を説明する必要がある。常時微動のスペクトルの解析にあたって、ここではSH波の重複反射理論に従って振中分布を倉井の方法で求めた。一般に卓越周期を求める場合、地表構造を議論する材料としてボーリング資料あるいは液動の観測値があるとよいが、それがない場合、速度分布は仮定せざるを得ない。その速度分布を仮定して求めた振中一振動曲線について図1(a)(b)(c)(d)に別けて述べてみる。

スペクトルの形の分類に用いたⅠ型として9 No. 4天堤田地、Ⅱ型として9 No. 43文化会館、Ⅲ型として9 No. 29 佐々木水引KK、Ⅳ型として9 No. 19 産光寺石油油槽所における観測を説明するために地下構造を仮定して振中分布を求めたものが図4である。一般に卓越振動数は地盤が硬ければ大きく、軟めれば小さくなるが、実際のスペクトルはかなり複雑である。特に図1(a)(b)(d)にみられるような低振動数域に異常に明瞭なスペクトル成分が得られる場合、地下構造において低速層を考えるか、地表付近の層について粘性の影響を考えるかどちらかである。これまでの観測例としては第三紀層地すべり地における常時微動のスペクトルではよくみられ、地表付近に含水層のある場合、振動数の大きい振中成分の他にこの述べたような

0.5~1.0 9/s の低振動数域にスペクトル振幅が大きくなっている。

一方低速度層の存在を考えず、下層にいくに従って速度値が大きくなっているような成層構造は図1(c)のⅢ型の場合である。このようにスペクトルは多少の山・谷はあるが全体に一樣の形となる。もしこのように深さとともに速度が大きくなる構造の中で、比較的深いところに低速度層があると若干スペクトルの型が変わる。図1(a)のⅠ型のスペクトルでは約20mの深さに低速度層を仮定してみると振動数の大きいところに振幅が大きくなる。以上のように地下構造の速度分布に低速度層の仮定を入れるかどうかがスペクトルの説明に影響をもってくる。比較的浅いところ(ほぼ深さ10m以内)に低速度層を考えるとそれは地下水との関係が強く、深いところ(ほぼ深さ20m程度)に低速度層を考えるとそれはむしろ地層の構造的要因に関連しているように思われる。このことは図2、図3に示すスペクトル型の地域的分布と対応している。

5. おわりに

飯田盆地のように河川侵食、あるいは断層による段丘地形の形成においては地下構造ははななり複雑であり、その結果は常時微動のスペクトルにもあらわれているように思われる。地形については地質構造の考えも合わせて行なうべきであるが、その前に段丘地形について最も重要な要素による自然傾斜の除去後の地形について常時微動のスペクトルを議論するとし易い。すなわち天竜川の右岸については松川を境として北側と南側でスペクトルの型が異なるが、それは普通寺断層の形成と関連があるものと思われる。この断層は逆断層で、スペクトルのⅠ型であらわされる分布域では隆起域で、地下構造において低速度層が比較的下層に存在する。

松川北側ではA-A断層付近ではⅠ型がみられるが、段丘下部における松川付近ではⅡ型が多くなる。このⅡ型の説明は地下の浅いところに低速度層を仮定すればスペクトルは説明されるが、この低速度層は河川の分布からみて地下水の影響が強く作用しているように思われる。

今後スペクトルの形と地下構造との関係については全観測地点について調べ、地下構造の地域性について更に検討をすすめて飯田盆地の地盤特性を明らかにするとともに地震時被害想定に役立てたいと思っている。

謝辞 常時微動の観測には飯田・鼎・上郷消防組合に御協力を戴き、またスペクトル解析には小野測器製作所の測器を使用させて戴きそれぞれ担当の方々にも厚く御礼申し上げます。さらに計算処理については徳州大学データステーションを通じて東京大学大型計算機 HITAC 8700/8800を使用した。

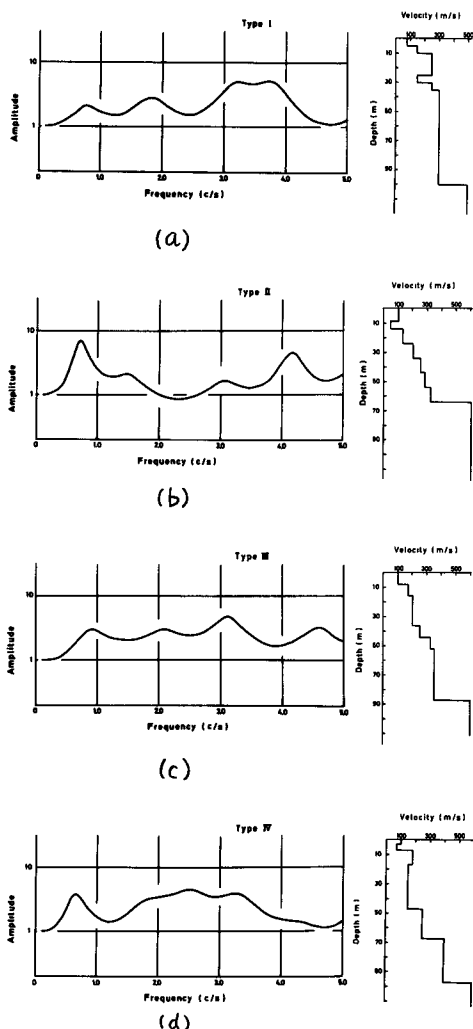


図4. SH波の重複反射による
振中-振動数特性と地下構造