

愛媛大学大学院 フェロー 森 伸一郎
愛媛大学工学部 学生会員 ○松村 裕樹

1. はじめに

地盤の振動特性の評価で広く利用されている水平動上下動スペクトル比法（以下、H/V 法という）では、H/V の卓越振動数が地盤の固有振動数を近似するという理解から、と測定の簡易さゆえに世界で広く利用されている。この方法では、H/V の形状の揺らぎが問題となる。

安定した微動とは見なされない部分をノイズと判断して解析対象から除くことが多いが、その判断は現地観測中の観察結果や観測された微動波形の時刻歴を見た判断結果によるところが大きい。本研究では、H/V 法による微動データの分析において、そのようなノイズ判定の有無とその処理が H/V のスペクトル形状や特定される卓越振動数特定に及ぼす影響について検討する。

2. 検討方法

K-Net 松山の地震計の周囲のコンクリートの上で観測した微動記録に基づいて検討する。K-Net 松山は松山平野の中心部に位置し、森・俵（2001）によれば、当該地点では H/V の卓越周期が 1.3 秒程度であることから、基盤岩である白亜系泉層群が 100 m 前後に現れると推測される。図-1 に K-Net 松山の地盤柱状図を示す。GL-14.3 m で相対的に硬くなっており、この深さまでの表層の固有振動数は 1/4 波長則によれば、3.8 Hz となる。なお、地震計設置位置は、松山市消防局西消防署西部支署の敷地奥に位置し、敷地に面する道路（住宅・商業地域内）から約 30 m 離れている。

研究の微動観測では、前記コンクリートの上の他、5 m 離れた消防署敷地内のアスファルト上と 5 m 離れた敷地隣接の休耕地地上の 2 点にもセンサーを設置したが、ここでは最初の振動計の記録のみ対象とする。微動観測には、24 チャンネルまで測定できる測定器 GEODAS-12-USB-24ch と、周波数が 0.5~20 Hz で平坦な利得特性を有し 3 成分の感振器が内蔵された速度計 CR4.5-2S（センサー）を使用した。微動は 1 点測定とし、1 箇所につき、サンプリング周波数 100 Hz で約 300 秒間のデータを取得した。記録が安定している区間を選び、2048 個のデータを 1 セグメントとし、合計 16384 個のデータを 8 セグメントとしてフーリエ解析を行ない、それらを平均化した上でバンド幅 0.5 Hz の Parzen ウィンドウで平滑化した。スペクトルの議論は 0.5 Hz 以上に限定する。

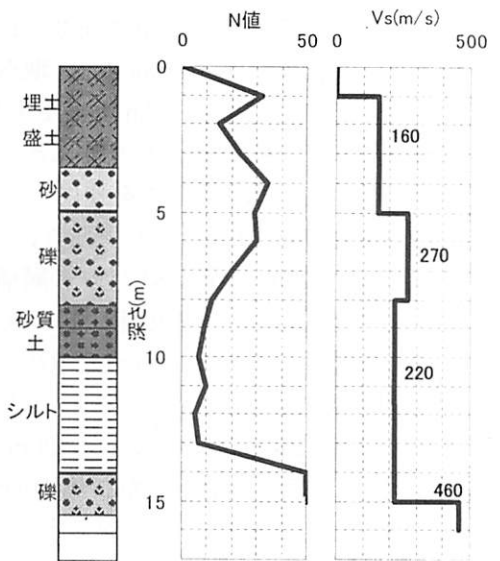


図-1 K-NET松山の地盤柱状図

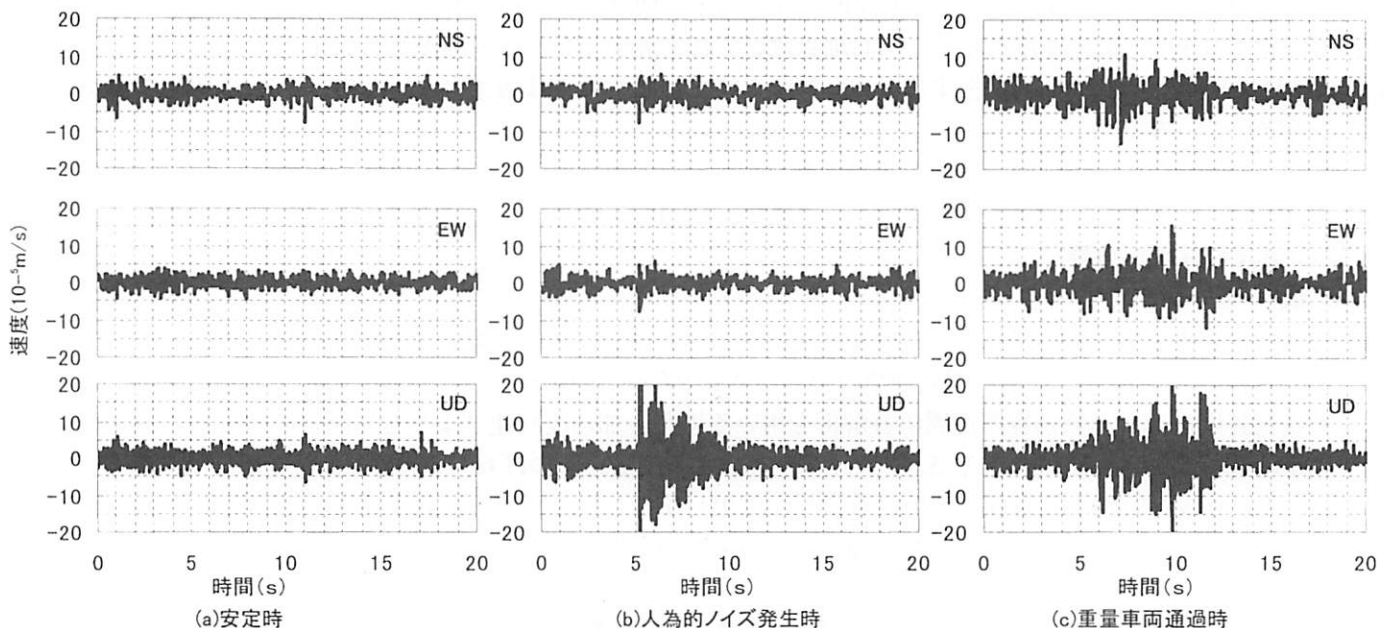


図-2 各種常時微動の速度時刻歴

3. 通常の微動解析

通常、現地観測中に周辺交通の状況を記録する。大型車両、小型車両の別や振動源からの距離を記録した。

2 回測定を行い、1 回目 (A) は通常の測定、2 回目 (B) は強震計に近い敷地境界の周囲のフェンスや 5m 離れたところに立つポールやコンクリート製壁を押したり、人が歩いたり跳ねたりして、人為的にノイズを発生させた記録を取った。また、2 回の測定の記録を 2 名の異なる初心者がノイズと判断した部分を削除したセグメント (良好データ) を解析するとともに、2 回目の測定記録ではノイズの卓越するセグメント (不良データ) を別途解析した。図-2 に左より(a)安定時、(b)人為的ノイズ発生時、(c)重量車両通過時の 3 成分 (上から NS, EW, UD の各成分) の速度時刻歴波形を示す。

図-3 に 2 回 (A,B) の良好データの H/V を示す。2 回の H/V スペクトル比の形状は概ね同じであり、0.8, 0.24, 0.35 Hz 付近にピークが認められる。0.8Hz は基盤岩上の表層の卓越、0.35 Hz は表層 14~5 m の卓越に対応すると考えられる。B の不良データを用いたものも併せて示すが、0.8 Hz の卓越は確認困難で、後者の 2 つは認められない。

B について、(a)良好データと(b)不良データと判断したものについて 8 セグメントの H/V とそれらの平均および 2 乗和平方根 (RMS) を図-4 に示す。RMS は平均に対するばらつき度合いを表す。良好データでは、全体にばらつきが小さく、不良データでは、1.5 Hz 付近にピークが現れる。

4. 微動の良好性指標の提案

良好か不良かの判断は、現地観察に基づくもの以外は解析する人により判断が異なる可能性がある。そこで、客観的な指標として、セグメント単位での平均振動エネルギーの相対的に小さいものが良好であるとの仮説に基づいて考える。相対的に 1 以下は良好、1 以上は不良とする。指標はセグメント毎に 3 成分を独立に算定し、3 成分平均値で総合的に評価する。ここでは、振動として各成分の微動速度を考える。すなわち、

$$IVL_{total} = (IVL_{NS} + IVL_{EW} + IVL_{UD}) / 3, \quad IVL_i = VL_i / VL_m \quad \text{ただし}$$

$$VL_i = \sqrt{\int_0^T V_i^2(t) dt} / T, \quad VL_m = \sum_{i=1}^N VL_i / N$$

$V_i(t)$: 振動時刻歴, N : セグメント数, i : セグメント番号

解析者判断の良好データの IVL_{total} は 0.6~1.2 となり概ね良好、不良データは 0.8~3.0 となり概ね不良と判断される。そこで、図-5 に IVL_{total} が小さい順 3 位までと大きい順 3 位までのセグメントの平均 H/V を良好データ 8 セグメント平均値と比較したものを示す。 IVL_{total} 最小 3 個平均は良好データのスペクトルのピーク振幅を強調するような形状であるのに対して、 IVL_{total} 最大 3 個平均は異なる振動数でピークが現れており、 IVL_{total} が良不良を判断するのに適していることがわかる。そこで、正当な比較をするため、図-6 に IVL_{total} 最小 8 個平均と解析者判断の良好データと比較する。前者は、後者のピーク位置と概ね同様な振動数にピークを持ち振幅が大きくなり、ピークの読み取りが容易になることがわかる。また、良不良の判断は上位下位では、概ね解析者の目視判定と一致するが、中位では異なる場合もあった。

本研究では、 IVL という指標が微動の良好なデータ選択に有効である可能性を示唆していることがわかった。

5. 結論

微動観測記録で、良好か不良かの客観的指標として、セグメント単位での平均振動エネルギーの相対的に小さいものが良好であるとの仮説に基づく指標 IVL が有効であることがわかった。1 地点での微動観測に基づくためさらに確認の必要がある。

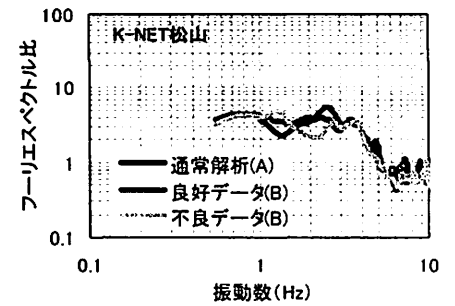


図-3 A測定とB測定の比較

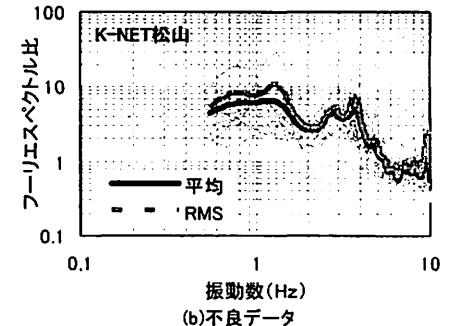
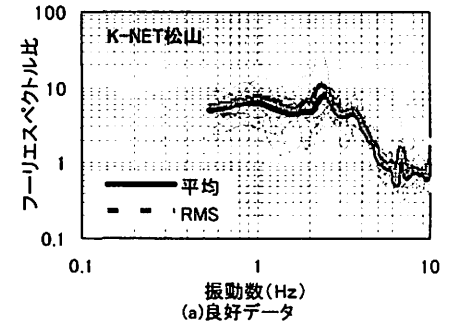


図-4 解析者判断のB測定データ

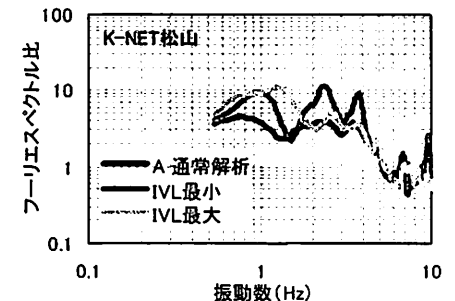


図-5 IVL指標と良好データ(A)の比較

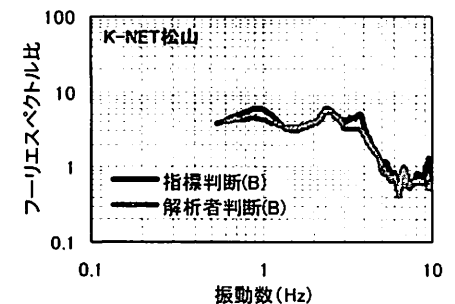


図-6 IVL指標と解析者判断の比較(B測定)