

I-625

近接観測点の常時微動の類似性について

清水建設(株) 正会員 片岡俊一

1. はじめに 一般に常時微動データから卓越振動数などの地盤の振動特性を判断する際には、観測地点周辺では同様な微動が観測されると考えている。今回、非常に近接した複数の点で常時微動を観測する機会が得られたので、微動の類似性について若干の検討を加えてみた。なお、この微動観測は、平成4年3月に開催が予定されている「表層地質が地震動に与える影響」に関する国際シンポジウム¹⁾(略称: ESG国際シンポジウム)のための基礎的な資料の整備を主たる目的として、テストサイトである神奈川県足柄平野久野地区で実施されたものである。

2. 観測概要 図-1に示すように、観測点はE1を中心に東西南北に展開しており、その間隔は20m程度である。また、H観測点が山王川に沿って展開している。今回使用するデータは我々が担当したE1, N1, S1, W1のものである。用いた微動計は、約1Hzより高振動数で平坦な特性を持つ速度型のものである。

この地域は、足柄平野の縁の小さな谷地形を成しており、東西方向が谷の縦断方向になり、山王川が谷の中心となる。KS2(東京大学地震研究所強震観測点)から南北に各々約500m行くと尾根になる。KS2周辺の水平方向の卓越振動数は2Hz程度であるがH観測点では1Hzに変化する²⁾。地下探査

結果ではKS2から南に向かって表層が厚くなる傾向がみられ、微動の卓越振動数の変化に対応している。また、地下探査結果、微動観測結果をみても東西方向には地盤構造の顕著な変化は見られない³⁾。

3. 類似性の評価 観測点N1, S1, E1, W1の観測結果のうち163.84秒のデータをサンプリング振動数100HzでA/D変換した。なお、観測データは深夜のもので、別途行われた交通量調査ではこの時間帯に周辺を車両は通過していない。データの全長を用いパワースペクトルを推定し、各成分毎に重ねて図-2に示す。なお、スペクトルはバンド幅0.2HzのParzenウィンドを用いて平滑化を行っているので、対象振動数範囲内で変化が緩やかならば誤差約17%で推定されていることになる⁴⁾。水平動を見ると一次の卓越振動数は、2Hz付近で

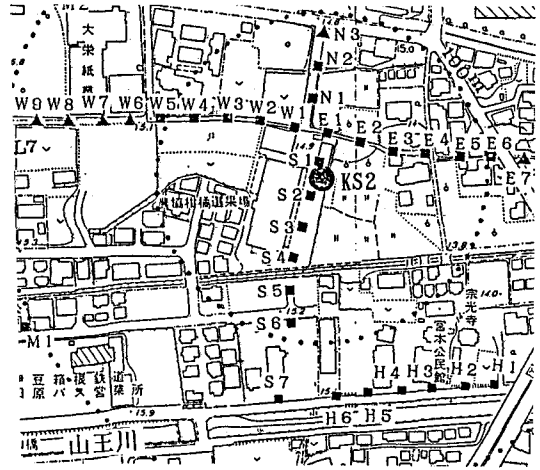


図-1 観測点配置図

ースペクトルを推定し、各成分毎に重ねて図-2に示す。なお、スペクトルはバンド幅0.2HzのParzenウィンドを用いて平滑化を行っているので、対象振動数範囲内で変化が緩やかならば誤差約17%で推定されていることになる⁴⁾。水平動を見ると一次の卓越振動数は、2Hz付近で

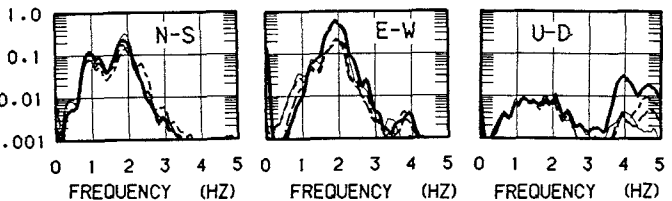


図-2 E1, N1, S1, W1観測点の常時微動のパワースペクトル

4観測点とも一致していることが分かる。また、4観測点のスペクトル形状はほぼ一致しているが、EW成分の卓越振動数付近でスペクトル振幅がE1, N1とS1, W1では約4倍の差がある。上下動成分では4観測点で共通した顕著なピークは見られない。形状は3Hz付近まで良く一致しているが3~5Hzではばらつきが大きい。

次に統計的手法を用いて、近接観測点の各パワースペクトルの等価性の評価を行う。検討方法の詳細は参考文献⁴⁾にゆずるが、スペクトルが十分な自由度(この場合60)を持っていることから、結局 χ^2 検定を行うことになる。卓越振動数の周辺を対象として、1~3Hzの範囲でE1を基準とした等価性を有意水準0.1として検定した結果を表-1に示す。表を見るとN1では3成分ともに等価であると判断できるが、他の2点で

はEW成分において等価でないという結果になっている。
参考のためにE1を基準としたN1のフーリエスペクトル比を図-3に示す。等価性の判断は1~3Hzの範囲で行ったが、図は5Hzまで描いてある。

類似性の判断にはしばしばコヒーレンスが用いられる。そこで、スペクトルが等価であるN1観測点の各成分とE1観測点の各成分同士のコヒーレンスを図-4に示す。ス

ペクトル比は対象とした1~3Hzで、1前後であるのに対して、コヒーレンスは2Hz程度から低下していくことが分かる。コヒーレンス低下の原因には、波形の独立性が増加すること、波形が分散性を示すことに加えて、比較する波形相互の時間ずれ⁵⁾などが考えられる。そこで直接の比較ではないが、伝達関数の位相の変化を図-5に示す。NS, UD成分では対象範囲で位相の変化は直線的でなく、少なくともコヒーレンスの低下は時間ずれで生じているとは考えにくい。また、位相差はさほど大きくなく、地盤構造を考慮してもコヒーレンスの低下が分散性から生じるようにも思えず、この場合は波形の独立性が増加したようにも考えられる。

4. まとめ 足柄平野の久野地区という限られた場所の微動の検討であるが次のことが指摘できる。

1) 間隔が20m程度の近接観測点の同時観測

データをスペクトルで比較したところ、スペクトル形状、卓越振動数はよく一致しており、定性的には類似であると言えるが、スペクトル振幅は異なることもあった。

2) 統計的手法を用い各観測点のスペクトルの等価性を評価した。その結果、20m程度の範囲であっても観測点あるいは成分により、等価である場合とない場合があった。

3) スペクトルが等価であり、スペクトル比がほぼ1であってもコヒーレンスが低いことがあった。

謝辞 この検討を行うに当たって、ESG国際シンポジウム実行委員会微動観測部会での議論は大変有意義であった。また、観測は、川瀬博氏、佐藤俊明氏、松井正宏氏との共同作業であり、考察をまとめるに当たっては議論していただき、有意義な助言を頂いた。記して謝意を示す。

参考文献 1) 竹内吉弘：「表層地質が地震動に及ぼす影響」に関する国際シンポジウムの開催について、地震工学振興会ニュース、No.116, pp.41,42, 1991年1月。2) 竹内吉弘 他：シンポジウム：足柄平野の微動と地下構造、文部省科学研究費総合研究(A)「地震動に与える表層地質の影響に関する総合研究」、1991年3月。3) Japanese National Working Group on ESG, Ashigara Valley Blind Prediction Test. Part 2 Geotechnical Data, 1991. 4) Bendat J.S. and A.G. Piersol, 1971, Random Data: Analysis and Measurement Procedures, John Wiley & Sons. (日本語訳、得丸英勝他共訳「ランダムデータの統計処理」、培風館、1971)。5) Kawakami H., Y.Sato and K.Kubo, Properties of Coherence Functions and Modification of Computational Method, Proceedings of JSCE No.374/I-6, pp.329-339, 1986.10.

表-1 χ^2 検定(有意水準0.1)から判断されるスペクトルの等価性(○：等価を示す)

	N-S成分	E-W成分	U-D成分
N1観測点	○	○	○
S1観測点	○	×	○
W1観測点	○	×	○

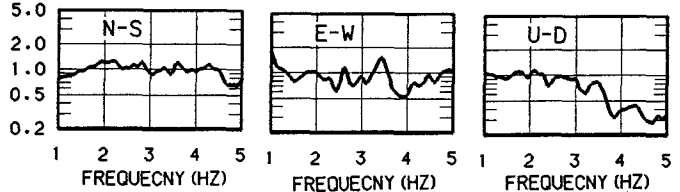


図-3 E1観測点とN1観測点とのスペクトル比(E1が基準)

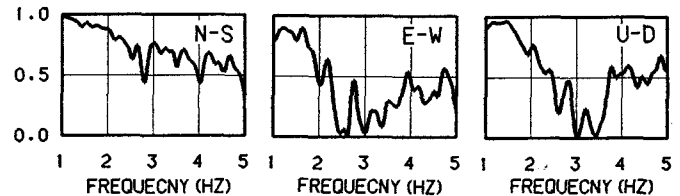


図-4 E1観測点とN1観測点の2乗コヒーレンス

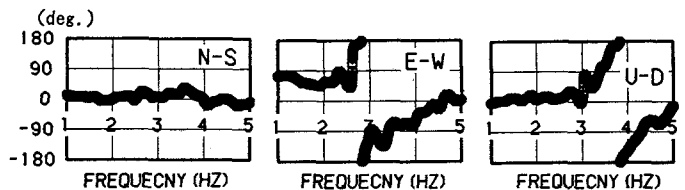


図-5 E1観測点を基準としたN1観測点の伝達関数の位相