

常時微動データに関する一考察

長岡技術科学大学 非会員 ○福井晶浩
長岡技術科学大学 会員 宮木康幸

1. 研究概要

地盤構造を把握する方法として、常時微動観測が広く利用されている。常時微動は、時と場所を選ばず、簡単に低コストで観測が可能である。常時微動観測法には、三成分単点観測法：地表にセンサを1個だけ置いて微動の水平動と上下動のフーリエ振幅比スペクトル(H/V スペクトル比)を求め、その形状から地盤構造を議論しようとする方法¹⁾、がある。1つの微動計で常時微動を3成分観測し、H/V スペクトル比を用いれば、地盤構造を簡便に把握することができる。常時微動は広く用いられてきたものの、微動データを処理する方法が人によって異なる。そこで、常時微動データの処理方法を標準化することと、常時微動データから推定した卓越振動数が安定する計測時間について検討を行った。

そして、その検討結果を工学的な利用をするための検討を行った。

2. 常時微動データの処理方法

(1) 使用する常時微動観測記録

処理方法を検討するにあたり K-NET³⁾小千谷地点で計測した微動記録を用いる。そして、その記録波形から車両などによるノイズを取り除き、定常的な波形を選別して使用した。また、使用した観測機器は、NS成分がEW成分より常に大きく計測され、故障が疑われたためNS成分を使用せず、EW成分を水平成分とした。一般に、H/V スペクトル比の計算式は(1a)式によって表される⁴⁾が、本研究ではEW成分のみ使用するので、H/V スペクトル比は(1b)式によって表す。また、のちに計器を修理して再計測を行った際には(1a)を使用した。

$$\frac{H}{V} = \frac{\sqrt{f_{NS}^2 + f_{EW}^2}}{f_{UD}} \quad (1a)$$

$$\frac{H}{V} = \frac{f_{EW}}{f_{UD}} \quad (1b)$$

ここで、H：水平動スペクトル、V：上下動スペクトル、 f_{NS} ：NS(南北)成分のフーリエ・スペクトル、 f_{EW} ：EW(東西)成分のフーリエ・スペクトル、 f_{UD} ：UD(上下)成分のフーリエ・スペクトルである。

(2) 提案された処理方法

検討が行われた結果、計測時間が2分で、20.48秒のデータを半分ずつオーバーラップして10個抽出し、データごとにフーリエ・スペクトルを算出する。続いて、各成分を振動数ごとに平均して、その後平滑化（平滑化にはParzen ウィンドウ²⁾を用いる）を行う。最後にH/Vの計算を行う。という方法が提案された。

3. 処理方法の妥当性の検討

(1) 地震記録と土質データによる検討

KiK-net³⁾地点で計測した微動を前章で決めた処理方法を用いて解析した。

KiK-net は地中と地表に地震計を設置しているので、地震記録から地盤の増幅スペクトルを求めることができる⁵⁾。また、KiK-netには土質データも掲載されているので、層厚とせん断速度、密度から地盤の周波数応答を求めることができる。この2つの方法から地盤の固有振動数を推定できる。

推定した結果、土質データから求めた増幅スペクトルと地震記録から求めた増幅スペクトルの固有振動数が常時微動から求めた卓越振動数と非常に近い値であったため、微動 H/V スペクトル比の卓越振動数から地盤の固有振動数を推定できたと考えられる。

(2) 計器修理後における検討

K-NET 小千谷地点において、計器を修理した後にもう一度微動の測定を行った。測定された微動データを提案された処理方法によってH/V スペクトルを求めた。そして、K-NET 小千谷地点の土質データから求められた増幅スペクトルと微動記録のH/V スペクトルの卓越振動数がほぼ一致したため、計器修理前に提案されたデータの処理方法には問題がないことが確認された。図-1にそれを示す。

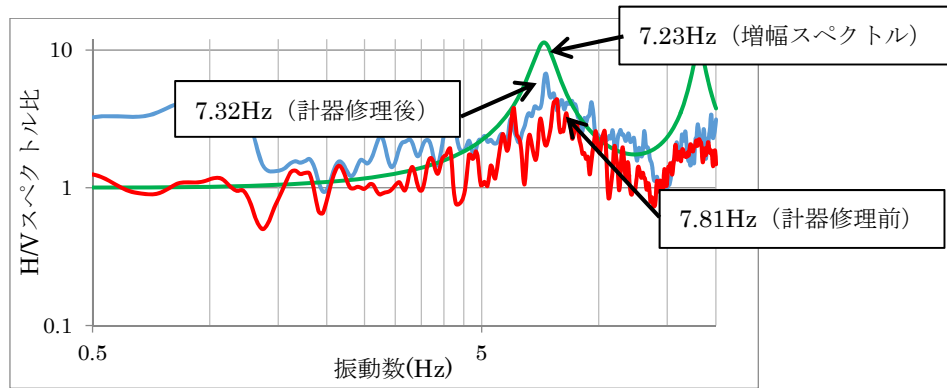


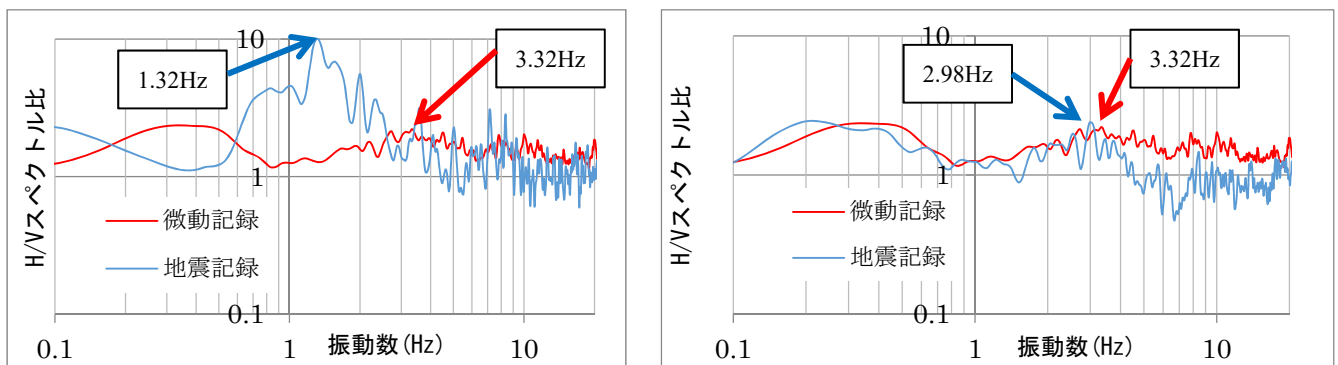
図-1 計器修理後のデータの卓越振動数

4. 処理方法の利用の検討

既往の研究⁵⁾では、地震動が観測されていない地点の地震動を近傍の地震記録と常時微動記録から推定している。その手法は近傍の2地点 (KiK-net 地震観測点を含む) において常時微動記録の測定を行い、常時微動 H/V スペクトル比の比を補正関数と近似し、地震記録に補正関数を乗じるものである。しかし、強震では地盤に非線形が表れてしまうように、常時微動記録と強震計における地震記録では必ずしも振幅形状が一致しない可能性がある。そこで、今回は新潟県中越地震、中越沖地震、東日本大震災の強震記録と KiK-net 長岡地点の常時微動記録を用いて常時微動の H/V スペクトル比と地震動の H/V スペクトル比との近似性を検討した。

主な流れは、KiK-net 長岡の強震計で記録された地表の東西、南北、鉛直方向の計3方向のフーリエ・スペクトルを算出し、平均処理、平滑化処理を行い、そのあとに H/V スペクトルを算出した。そして、最後に KiK-net 長岡付近の微動測定に適した場所にて測定した微動記録の H/V スペクトルと比較した。なお、今回使用した微動記録は東西方向のデータに機器の故障によるものの疑いがあるデータがあったため NS, UD 成分を使用した。そのため強震計の記録もそれに合わせて NS, UD 成分のみを使用している。

記録は振動の大きくなる 30s から 142.64s までのデータを抽出し、フーリエ・スペクトルを算出した。ここでは新潟県中越地震の結果について図-2a)に、東日本大震災の結果について図-2b)に示す。中越地震については、卓越する振動数が異なりおよそ 2.0Hz の差が生じているが、東日本大震災についてはおよそ 0.3Hz とその差は小さくなっている。このように非線形の生じやすい強震記録では常時微動記録とは形状が異なることがわかる。



a) 中越地震について

b) 東日本大震災について

図-2 長岡における地震記録と微動記録の H/V スペクトル比

5. 今後の課題

NS, EW, UD の3成分を使用して H/V スペクトル比を用いた場合の検討, KiK-net 下田や KiK-net 加茂など、他地点での評価, 地震動レベルと近似性との関係, を今後の課題とする。

- 1) 微動の利用技術：日本地震工学会 微動利用技術研究委員会
- 2) 大崎順彦著：新・地震動のスペクトル解析入門，1995年11月20日第2刷発行，鹿島出版会
- 3) 防災科学研究所 強震観測網(K-NET, KiK-net)：http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/
- 4) 時松孝次，新井洋：レイリー波とラブ波の振幅比が微動の水平鉛直スペクトル比に与える影響，日本建築学会構造系論文集第511号，69-75，1998年9月
- 5) 対島宏洋：2016年熊本地震で被害を受けた道路橋梁架設地点の地震動推定，2018年3月