

# 常時微動と強震動による地盤震動特性の把握

01T0027C 下津 達也

指導教員：山崎 文雄

## 1. 研究背景と目的

従来、わが国では強震観測点は少なく、蓄積された強震記録が少なかったが、1995年兵庫県南部地震を契機に地震観測網が広がった。これまで、強震記録はSI値を用いた都市ガスの供給停止基準など様々な指標に利用されている。しかし、それまでの強震動における十分なデータがなく安全かつ適切な閾値を定めることが困難であった。2003年十勝沖地震と2004年新潟県中越地震において、多くの強震記録と被害データを得ることができた。また、地震のあった北海道と新潟県の地震観測点で常時微動観測を行った。地震動と常時微動の観測結果を比較することで地点特性を把握し、強震時の地震計設置地点の揺れ方を推定できるものと思われる。この結果は、地震被害を未然の防止対策と地震時の効率的な復旧戦略の立案に利用できるものと期待される。

## 2. 地震動記録による観測点の評価

2003年十勝沖地震と2004年新潟県中越地震を中心に解析を行った。まず、NS, EW, UDのフーリエスペクトルを算出して、H/Vスペクトル比を求めた。フーリエスペクトルの形状は類似したが地震の規模の大きさに対して振幅が変化し、卓越周期も地震が大きくなるにつれて、長周期化する傾向にあった。一方、H/Vスペクトル比を計算すると各観測点で地震ごとに左右されず振幅、形状ともに非常に安定していた。また、H/Vスペクトル比の振幅形状、卓越周期は観測点ごとに異なることから、地震動のH/Vスペクトル比は地点特性を含んでいるものと考えられる。

地震動によらずH/Vスペクトル比が安定する理由をYamazaki and Ansary<sup>1)</sup>は速度応答スペクトル(Sv)の距離減衰式によって説明している。以下の例を見ると地震によらず安定していることが確認できる。

## 3. 近傍における揺れ方の変化

地震動の大きさは地盤の影響を大きく受け、地点の危険度は地盤条件が重要であることが過去の地震から認識されてきた。ここでは、2003年十勝沖地震における加速度応答スペクトルを算出し、観測点の揺れについて検証した結果、各観測点で、違った加速度応答スペクトルが得られた。観測地点が近郊においても違う場合と似る場合が見られた。このことから地震動は震源からの距離や伝わり方の他に地点特性の影響も強

く受けており、観測点ごとに揺れ方は異なるといえる。

次に十勝沖地震本震のH/Vスペクトル比を同様に算出した結果、観測点が近傍においても、H/Vスペクトル比によって得られる卓越周期が変化する場合があった。観測点の1kmの間に表層地盤が局所的に変化しているためおこったと考えられる。以上のことから数百メートル距離が離れただけで、表層地盤が変化し、地震動が変化する可能性があることが確認でき、大熊ら<sup>2)</sup>の研究とも一致する。本研究では1地点に複数箇所の観測点5箇所の記録を確認に用いた。

## 4. 常時微動観測

2004年8月30日~9月2日にかけて北海道で常時微動観測を行った。大樹町生花では、天候が悪く観測に影響がでたと思われたため、翌日に同地点にて再度観測した。また、2004年11月22日~11月24日にかけて、2004年新潟県中越地震において強い揺れが観測された市や町を中心に高密度の微動観測を行った。

常時微動観測をK-NET大樹において時間を挟んで2回行い、H/Vスペクトル比を求めたところ、ほぼ同じ観測結果を得られた。これは常時微動のH/Vスペクトル比は時系列に左右されないとする研究とも一致する<sup>2)</sup>。また、常時微動のH/Vスペクトル比は観測地点によって違うスペクトル形状を描き、観測地点の地盤が硬い場合は卓越周期が短く、柔らかい場合は長くなることが多い。これらの結果から常時微動のH/Vスペクトル比は地点特性を表していることを確認した。

## 5. 天候による常時微動観測への影響

大樹町生花の国土交通省観測点は2003年十勝沖地震本震で、最大加速度468.47gal, SI値128.04gal, 計測震度6.17の強い揺れを記録した地点である。常時微動観測は、強震観測点のすぐ隣において、周りを工作物に囲まれた状態で行った。晴天に恵まれた翌日に工作物から少し離れたポジションで再度、微動観測を行い、2回のH/Vスペクトル比を計算した。

その結果、天候の悪い日には0.2秒と0.6秒の卓越周期が見られるのに対して、天候の良い日には0.2秒の卓越周期を見ることができなかった。比較的落ち着いた部分の波を抜きだし、同様にH/Vスペクトルを導出した。しかし、0.2秒のところに見られる卓越周期を取り除くことができなかった。つまり、風の強い日などに近くに障害物のある状態での微動観測は、風により

障害物が揺れ、障害物のピークが波にでてしまう。観測結果から落ち着いた波の部分を抽出し、H/V スペクトル比を求めたが、障害物の影響を除去できなかった。以上より、微動観測は風のある日に工作物の付近で行うには不向きであるといえよう。

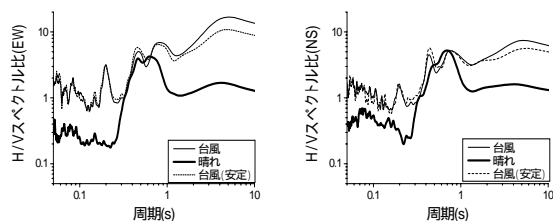


図1 大樹町生花の強風時と晴天時のH/V スペクトル比

### 6. 常時微動と地盤のH/V スペクトル比の比較

地震動と微動のH/V スペクトル比を重ねて比較するとよく似たスペクトル形状描くことがわかる。しかし、いくつかの点であきらかに強震動時に卓越周期が長周期化している地点が見られた。理由として地盤の非線形化が考えられる。本研究では、60の地震記録を用いて、卓越周期と最大速度の関係性を調べた。非線形化を確認するため1地点につき観測された複数地震を用いて非線形化の検証を行う。それを簡易的に周期ごと4種類に分類し、強震動と小さい地震動、常時微動を比較したところ、全体的に常時微動や小さい地震動より、強震動の卓越周期の方が長い地点が多いことがわかった(図2)。卓越周期のズレが見えなかったのはK-NET 帯広やK-NET 大樹などの短周期に卓越周期がある、もしくは著しいピークが見られない地点で数点見られた。

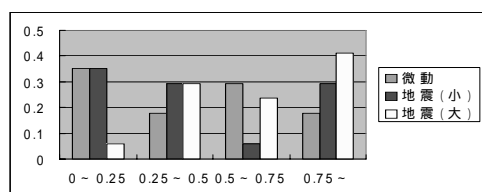


図2 常時微動と地震動の卓越周期の比較

さらに、最大速度による卓越周期の変化を検討した。卓越周期は最大速度が大きくなるにつれて、長周期化しており2つは相関関係にあることがわかった(図3, 4)。これは、地盤の非線形化はひずみと密接な関係にあり、ひずみは速度と関係があることから考えられる。次に、常時微動と地震動の卓越周期の長周期化を検討するために2つの卓越周期の比を取り、周期ごとに分類した。その結果、微動の卓越周期は地震動の速度が遅いものと近似してることが判明した(図3, 4)。

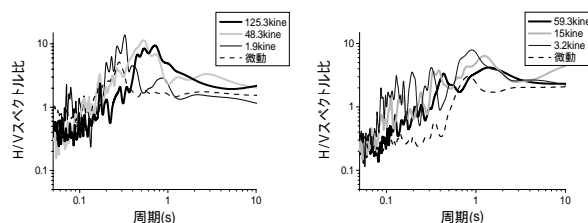


図3 地震の大きさによる卓越周期の変化の例 K-NET 小千谷(左)と K-NET 浦幌(右)

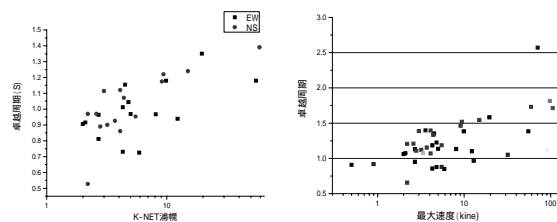


図4 K-NET 浦幌の卓越周期の変化(左)と、微動のピークと地震動のピークの関係(右)

### 7. 結論

本研究では、2003年十勝沖地震、2004年新潟中越地震の記録と常時微動記録を合わせて、強震観測点の揺れ方の検討をおこなった。さらに、天候による常時微動観測への影響を考察した。強風時には周囲の障害物の影響を受けてしまい、また取り除けないことから、風のある日に周囲に障害物のある状態での常時微動観測は困難であるといえる。

また、H/V スペクトル比の卓越周期の変化により、地盤の非線形の影響を検討した。強震動により、H/V スペクトル比の卓越周期が長周期化していることを確認した。次に卓越周期の変化は最大速度との相関関係にあり、常時微動のH/V スペクトル比の卓越周期は最大速度の遅いものに近いことが判明した。よって、H/V スペクトル比により地盤の非線形挙動を検討することが可能であると思われる。

今後の課題としては、より多くデータを解析に用いて、最大速度との関係性について調査を深め、また、地点による特性や速度との関係を検討し、地震時の非線形化と地震動について検討する必要がある。

### 参考文献

- 1) Ansary, M. A and F. Yamazaki : Horizontal-to-vertical spectrum ratio of earthquake ground motion for site characterization, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.26, pp. 671-689, 1997.
- 2) 大熊裕輝, 松岡昌志, 山崎文雄, 原田隆典 : 宮崎県における常時微動 H/V スペクトル比を用いた地震動の推定, 土木学会論文集, No. 696/I-58, pp. 261-272, 2002
- 3) 中村 豊 : 常時微動に基づく地震動特性の推定, 鉄道総研報告 Vol. 2, pp. 18-27, 1988