

第 I 部門

神戸大学周辺の斜面地の地盤震動特性

神戸大学工学部

学生員

○齊藤 栄

神戸大学大学院工学研究科 正会員

鋤田 泰子

1. はじめに

日本ではその国土事情を反映して山地形などの不整形地盤上での土木構造物、住宅地の建設が余儀なくされている。しかし、このような山地形では地震動の増幅特性が地形の影響を受けることが知られており、その地域固有の地盤震動特性を評価する必要がある。著者らの研究室では 4 台の地震計を用いて六甲山中腹に位置する神戸大学六甲キャンパス周辺の高密度地震観測を行っており、平成 16 年から現在までに 25 の地震の記録が得られている。また、関西地震観測研究協議会（以下、関震協と呼ぶ）でも神戸大学都市安全研究センター（以下、RCUSS と呼ぶ）で地震観測が行われている。本稿では、これらの観測された地震動記録を用いて直接的スペクトル比法により神戸大学周辺の地盤震動特性を明らかにした。

2. 神戸大学周辺の地形と観測体系

六甲山地は諏訪山、五助橋断層などの活断層の断層変位により隆起した基盤山地であり、階段状に地形的な段差が生じており、中腹に位置する神戸大学周辺にも傾斜の変化が見られる。本研究で用いる地震計は図-1 に示すように断層を横断する形で斜面に沿ってほぼ一直線に設置され、発達科学部、工学部、高羽小学校の間にそれぞれ五助橋断層、渦ヶ森断層が存在している。また、神戸大学周辺の斜面地形では地盤造成が行われており、工学部と発達科学部ではそれぞれ切土、盛土により表層地盤が整備されている。本研究ではこれまで観測された 25 の地震の内、4 台の地震計で同時観測された表-1 の 8 地震の記録を用いる。

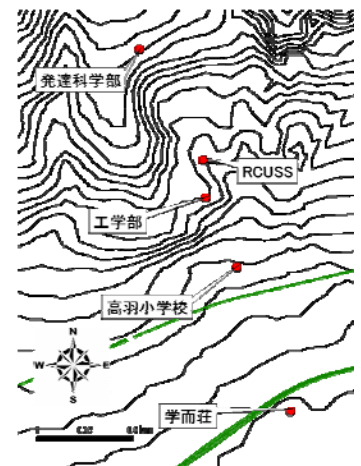


図-1 神戸大学周辺地図

表-1 観測記録

No.	年月日	規模 M	震源深さ (km)	震央距離 (km)	震源
4	2004/9/7	4.7	41	340	三重県南東沖
5	2004/9/8	5.5	40	220	三重県南東沖
11	2005/2/14	4.1	13	20	兵庫県南東部
21	2007/4/15	5.4	16	110	三重県中部
22	2007/11/6	4.1	12	50	大阪府南部
23	2008/4/17	4.1	10	20	大阪湾
24	2008/4/18	3.7	10	20	大阪湾
25	2008/8/6	3.9	13	20	兵庫県南東部

3. 表層地盤の固有周波数

本研究ではまず地盤の固有周波数の推定を目的として地震計設置箇所周辺で表面波探査を行った。また神戸 JIBANKUN¹⁾ から得たボーリングデータも用いて各観測点の S 波の卓越振動数を算定した。さらに地震動の H/V スペクトルにより卓越周波数の比較を行った。地震動のサンプリングは 100Hz である。H/V スペクトルの水平動は NS, EW 成分の 2 乗和の平方根とし、地震動は 0.4Hz の Parzen フィルタで処理している。周波数の比較を図-2 に示す。高羽小学校、学而荘においては固有周波数の推定値が 3~5Hz に分布し、いずれの方法でもほぼ同じ値を算出することができる。また、中小地震が主であるが、地震によらず明瞭かつ安定した H/V 比が得られた。一方、発達科学部、工学部では H/V スペクトル比の卓越周波数のばらつきが大きく、S 波に基づく算定値よりも低くなる。基盤と表層のせん断波速度のコントラストが小さい地点では、S 波の卓越周波数が明瞭でないことが指摘されている²⁾ が、斜面地形の特性から実体波の他に波の反射等による影響が含まれていると考えられる。

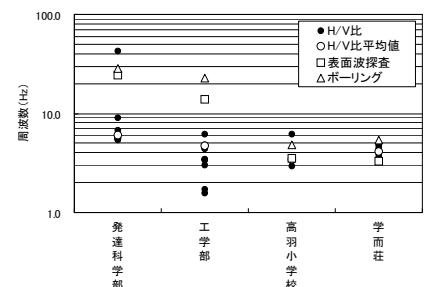


図-2 固有周波数推定値の分布

4. PGA の比較と直接スペクトル比

観測点の標高ごとに PGA の比較を行った一例を図-3 に示す。発達科学部、工学部、RCUSS、高羽小学校、学而荘の標高はそれぞれ 202, 120, 110, 56, 20m である。また、RCUSS の地震計は地表から 9.5m 下の地下に設

Sakae SAITO, Yasuko KUWATA

置されている。表層厚が薄くなるにつれて PGA が小さくなるが、発達科学部では工学部よりも大きな値を示している。さらに鉛直動についても増幅が見られた。これらの傾向は他の地震でも見られた。そこで、直接的スペクトル比法により各観測点の周波数特性を考える。しかし、直接的スペクトル比法では周波数特性が基準点のサイト特性に支配される。そこで鉛直動に対して水平動が大きくなり安定している工学部の記録を分母とした 2 点間のフーリエ振幅スペクトル比により各観測点の地盤増幅特性を考えることとした。図-4 は各地震のスペクトル比とその平均を示している。8 地震の震源位置や震央距離は異なるが、隣接した観測点のスペクトル比であるためこれらの影響は除去され、地震によらず同様の傾向があることがわかった。工学部に対して発達科学部では水平成分 9Hz、鉛直成分 12Hz 付近で地震動が卓越していることが分かる。地盤調査で推定した地盤の S 波卓越周波数 20Hz 付近で水平動には卓越が見られないことから表層地盤による地震動の増幅とは考えにくい。つまり、発達科学部では表層地盤以外の要因で地震動の増幅が起きていると考えられる。また、高羽小学校においても推定した固有周波数付近で工学部に比べやや優勢であるが、他の周波数域で最も卓越している。一方、学而荘では 5Hz 付近で水平動が卓越している。推定した固有周波数とも一致しており、表層地盤において地震動が増幅されたと考えられる。また RCUSS に関しては、15Hz 以上で小さくなっているが、全体的に安定して 1.0 に近い応答をしていることがわかった。

斜面地においては、表層地盤の地震動増幅特性以外に、地震によらず決まった高周波数で増幅する特性を有していることが明らかになった。今後、斜面の地形による震動の方向性を踏まえて検討する必要がある。

5. まとめ

- 表面波探査により全ての観測点でボーリングとほぼ同様の固有周波数の推定が出来たが、表層地盤の薄い発達科学部、工学部では地震動の H/V スペクトルの卓越周波数が低くなった。
- 学而荘では推定した固有周波数において地震動の卓越が見られた。また工学部でも RCUSS に対して表層地盤による地震動の増幅が見られた。

【謝辞】本研究では関西地震観測研究協議会の地震観測記録を利用した。ここに記して感謝の意を表する。

【参考文献】

- 神戸市、(財)建設工学研究所：神戸の地盤データベース「神戸 JIBANKUN」，神戸の地盤研究会，1999
- 大町達夫，紺野克昭，遠藤達哉，年縄巧：常時微動の水平動と上下動のスペクトル比を用いる地盤周期推定法の改良と適用，土木学会論文集，No.439，pp.81-87，1992

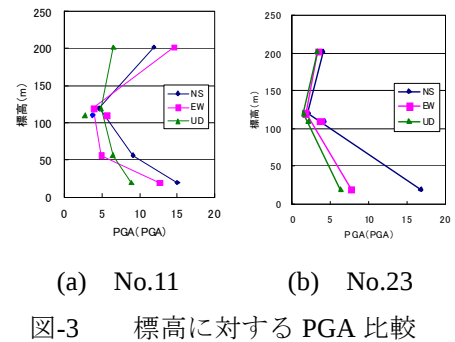


図-3 標高に対する PGA 比較

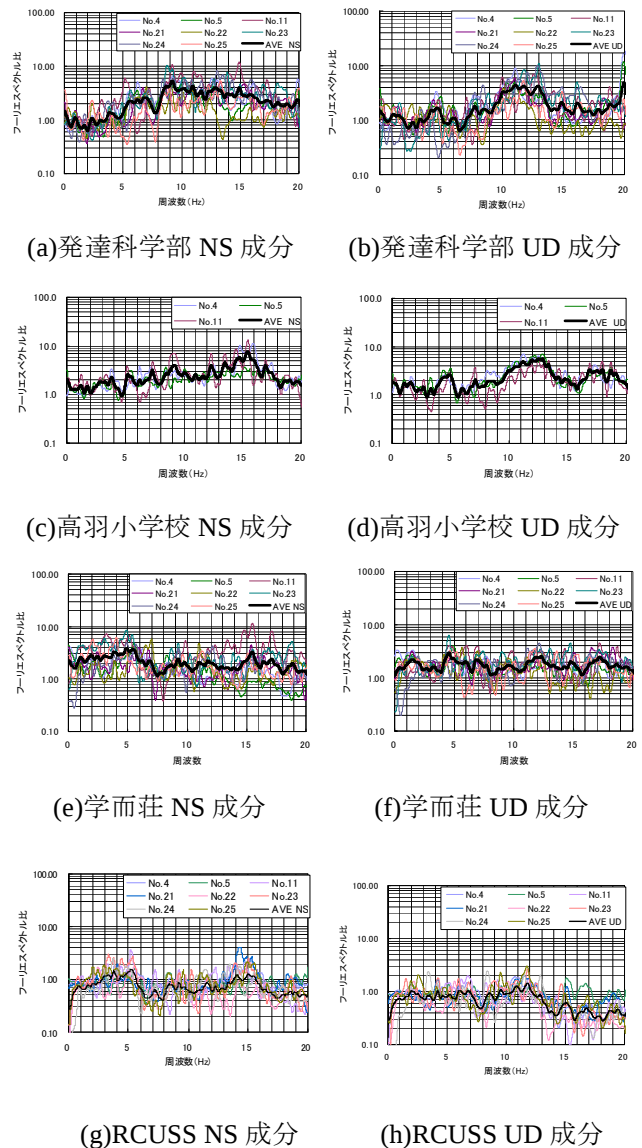


図-4 2点間のフーリエスペクトル比