

鹿児島県北西部地震における地盤の振動特性と崩壊

辻本文武* 川邊洋* 林拙郎* 下川悦郎**

*三重大学生物資源学部 **鹿児島大学農学部

keywords:鹿児島県北西部地震 シラス台地 常時微動 振動特性

§1 研究背景と目的

1997年3月26と5月13に鹿児島県北西部薩摩地方においてM6.5、M6.3という非常に規模の大きな地震が続けて発生した。またこれらの地震により震源地付近の紫尾山近辺の山地では崩壊等の山地災害が多数発生した。しかし発生した崩壊には

シラス地盤地帯:1993年鹿児島県豪雨の際に見られたシラス斜面の崩壊は今回はほとんど見られない
四万十層群などの堆積岩類地帯等:崩壊等は急傾斜面において発生した
花崗岩地帯:急傾斜面において崩壊等が多発した

という、地質の違いにより山地災害の発生分布に大きな特徴が見られた。また当研究室は現地シラス台地上と花崗岩地帯の3地点において5.13に発生した地震とそれに伴う余震地震の観測をすることができた。そこで崩壊を発生させた誘因として地震動、素因として各地質の地盤、特にシラス地盤地帯と花崗岩地帯における振動特性に注目し、地震動の周波数特性と各地質における周波数特性を比較することによって、崩壊発生に関与したと思われる周波数帯の抽出、更には崩壊の少なかったシラス地盤においては崩壊を発生させなかった何らかの要素が存在するのか究明を行った。

§2 5.13の地震動観測記録の概要

地震動観測地点の各サイトの位置と名称を、Table1に示す。

Table1 Observation site of Earthquakes

Observation site code	Observation site	Geological features
TRD	Turudatyou public hall	Shirasu(thick)
YND	Yanagida's home	Terrace Sediment(thin)
TMN	Tomarino elementary school	Granite

TMNにおいては5.13の本震は観測できなかったが、他の地点における本震の加速度時刻歴をFig1に示す。

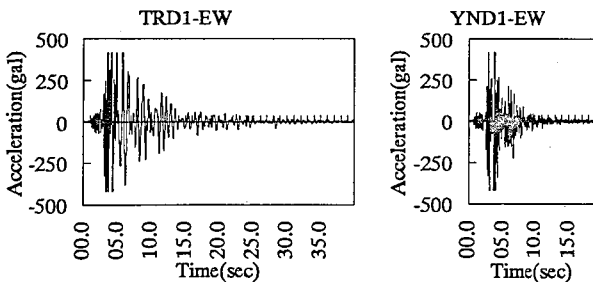


Fig1 Acceleration of Earthquake (5.13)

水平成分で双方とも頭打ちしているがこれは用いた地震計の許容加速度範囲以上であったためである。実際にはTRDで1000gal程度であったことが予測される。

§3 余震の解析

§2で述べたように本震は正確には観測できなかったが、これに伴う余震の観測結果を解析することによって各観測地点に伝播する地震動の性質を把握することができる。そこで3点の観測地点の内、同時に観測できたTRDとYND(11個)、TRD

とTMN(2個)の地震動を用いてスペクトル解析を行うことにより、誘因である地震動の解析を行う。

3.1 シラス台地における振動特性

TRDとYNDにおける水平動のフーリエスペクトルをFig2に示す。これによると水平動で、シラス台地上では2Hz周辺、4~5Hz、シラス台地下では6~8Hz、12~13Hz、2~3Hzで卓越していることが分かる。また求めたフーリエスペクトルから2種類のスペクトル比(HHスペクトル比、TRDでのHVスペクトル比)を求めることにより、シラス台地における振動特性を求めた。これらは前者がTRDとYND間の層(シラス層と上位段丘堆積物層が存在する)における伝達関数を、後者がTRDでの表層であるシラス層の伝達関数を表している。これらをFig3に示す。これらの結果からシラス台地では1Hz以下の長周期成分、2Hz周辺、4~5Hz周辺の周波数帯を増幅させ、特に2~3Hz以下の長周期成分で振幅パワーを一極化させる作用があることが分かった。

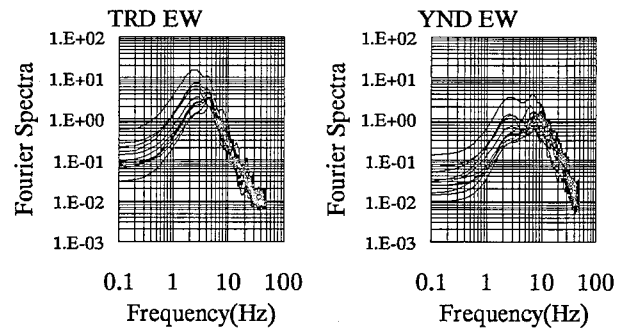


Fig2 Fourier spectra TRD&YND

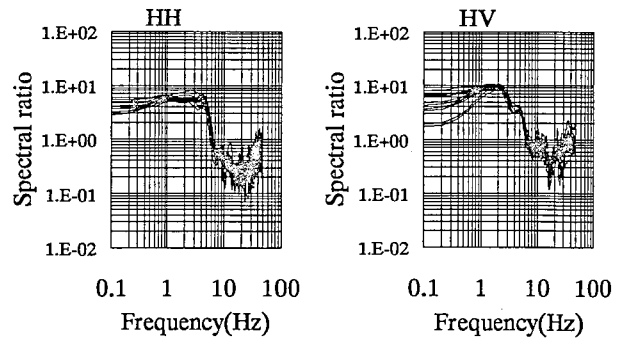


Fig3 Spectral ratios TRD&YND

またシラス台地上で得られた加速度データから、これを積分することによって速度、変位の時刻歴を算出し、それらの最大値を比較したところ速度、変位でシラス台地上の方が増幅を受けていることが分かった。物理的な観点から見ると速度はエネルギーに、変位は仕事量に関与していることが考えられ、この結果はシラス台地を地震波が通過することによってエネルギー、仕事量が増幅されたことを示している。また更にTRDで観測した地震動の最大加速度と算出したフーリエスペクトルの卓越周波数の関係からシラス地盤の非線形性を求めた。これから、最大加速度が大きくなる程卓越周波数は小さくなる(周期は長くな

る傾向がつかめた。このことから、シラス台地では入射地震動の周期を長くする働きがあることが分かった(Fig4)。

以上から、シラス台地における振動特性は

地震動の振幅パワーが長周期成分において集中するエネルギー、仕事量は増幅される

ことであることが分かった。

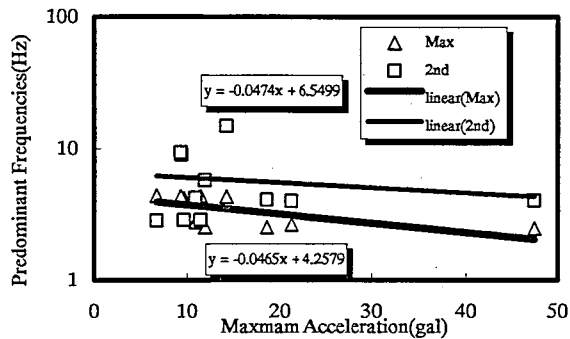


Fig4 Non-linear property TRD

3.2 花崗岩地帯における振動特性

TRDとTMNでの観測は地震計の電源の関係で、同時に観測できた地震動は2個のみ(A, Bとする)となったが、花崗岩地帯における振動特性は十分に把握できるものであるとし、解析を進めた。観測した加速度振幅はTRDに比べTMNは非常に大きかった。またTMNにおけるフーリエスペクトルをFig5に示す。その結果、花崗岩地帯では水平動で6, 8, 10, 15~16Hz周辺に卓越周波数帯を有することが分かる。更に花崗岩地帯での水平動の各卓越周波数帯でのピークはそれぞれが大きく、同時に観測したTRDの水平動スペクトルの卓越周波数帯でのピークの大きさとほぼ同等の大きさを持つものがほとんどである。つまり花崗岩地帯ではシラス台地のように入射地震波の振幅パワーを一極化しないため、各ピークで同等の強いパワーを示していることが考えられる。

以上から花崗岩地帯での振動特性は

入射地震動の振幅が大きい
多数の卓越周波数が存在し、それぞれのピークが大きい

ことであることが言える。

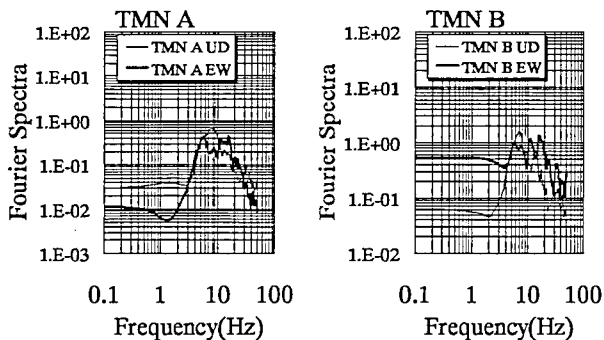


Fig5 Fourier Spectra TMN

§4 常時微動の解析

素因である各地質の地盤での振動特性は、常時微動を地震動観測地点付近とその他計7地点において観測し、観測結果にスペクトル解析を行うことによって周波数特性を抽出した。Fig8に地盤の伝達関数を表すと言われている常時微動HVスペクトル比(TRD, TMN, SBSのもの)を示す。これらと地震動ス

ペクトル、スペクトル比とを比較することによって崩壊を発生させたと考えられる周波数帯の抽出を行った結果、地震動フーリエスペクトルと微動HVスペクトル比との間にある程度の相関が得られ、これから崩壊を発生させたと考えられる周波数帯は6Hz周辺であることが分かった。またシラス地盤地帯においてはこの周波数帯での増幅は認められず、地震動のスペクトル解析の結果からも振幅パワーが長周期成分において集中し、増幅されていることから、シラス台地ではこの周波数帯が増幅されなかったため崩壊の発生も少なかったのではないかと考えられる。(Note SBS: Shibi Spring Ground: Shimanto Group)

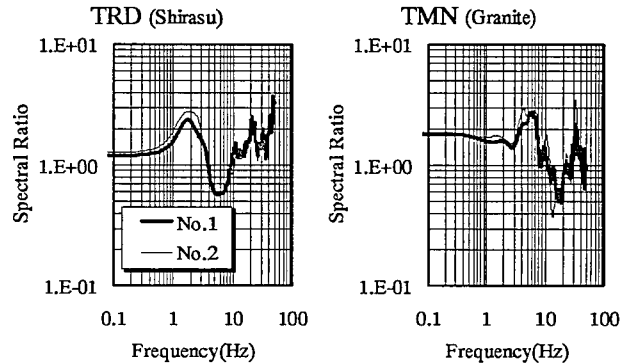
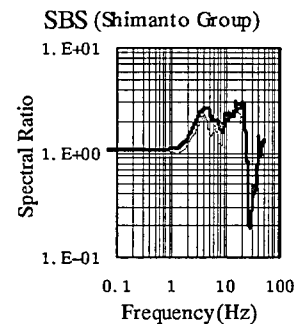


Fig6 Spectral ratios of Microtremor



§5 結論

5.1 崩壊発生に関与した周波数帯

① 地震動と常時微動の解析結果の比較から地震動のスペクトルと微動のHVスペクトル比との間に最も相関関係が見られた。

② ①から実際に崩壊を発生させたと思われる周波数帯は、

花崗岩地帯における地震動スペクトルと常時微動HVスペクトル比に見られる卓越周波数は6Hz周辺であると考えられ、実際に崩壊を発生させた地震動は、震源を発生し花崗岩地帯に伝播した際に6Hz周辺が大きく増幅され、エネルギーが収束したと考えられる。

5.2 シラス台地で崩壊の少なかった理由

③ シラス台地での振動特性として、水平動の1Hz以下の長周期成分、2Hz周辺、4~5Hzが増幅されることや、シラス台地の非線形性の結果からも、これら以短の周期帯に分散している地震波のエネルギーを長周期化させ、一極化させる働きがある。

④ 更にシラス台地を通過する過程で速度、変位は増幅されることからエネルギー、仕事量も増幅されることが分かった。

⑤ 花崗岩地帯では、シラス台地上よりも短い周期帯においても多数のピークが存在するが、それぞれのピークがシラス台地上と同等のものがほとんどである。

⑥ 以上からシラス台地上では、地震波がシラス台地を通過する過程で周波数成分が一極長周期化することにより、結果的にシラス台地においては崩壊発生に関与したと考えられる6Hz周辺の周波数帯は増幅されず、この周波数帯での振幅パワーの増幅を避けたことが崩壊の少なかった原因として考えられる。