

急傾斜地斜面の振動性状の 常時微動を用いた推定

大原 伸吾¹・篠 泉²

¹学生会員 足利工業大学大学院 土木工学専攻 (〒326-5885 栃木県足利市大前町 268-1)

²正会員 工博 足利工業大学 土木工学科 (〒326-5885 栃木県足利市大前町 268-1)

常時微動を利用して求めた斜面の振動特性をも考慮する地震時の急傾斜地斜面崩壊危険度の評価法を開発することを最終的な目標として、その基礎資料を得る目的で、ここ数年にわたって足利市周辺にある急傾斜地の斜面において常時微動測定を実施している。それらの常時微動の測定結果に基づいて、急傾斜地斜面の振動性状の推定を試みた。また、斜面の振動性状と斜面の形状、被覆層の厚さなどについての関係を検討するとともに、擁壁などの斜面崩壊防止処置が施される以前と以後とでは斜面の振動性状にどのような相違があるのか調べた。

Key Words : Microtremores, Slope Failure, Vibrational Properties, Retaining Wall, Earthquake Disaster

1. はじめに

平成7年1月に起きた兵庫県南部地震では各方面において甚大な人的・物的被害の報告がされているが、兵庫県内での急傾斜地斜面崩壊等の被害は発生件数が25件、人的被害は死者が3人、負傷者は8人、家屋被害については全壊が8件、半壊が11件、一部破損が2件と報告されている。なお、兵庫県の急傾斜地崩壊危険箇所数3532箇所(平成9年3月31日現在)である¹⁾。

従来、地震による斜面崩壊等の発生予測をする際に、斜面での地震動をその斜面の振動特性を考慮して想定することはほとんど行われていない。そこで、常時微動を利用して求めた斜面の振動特性をも加味した急傾斜地での地震時斜面崩壊の予測ができれば、より適切な斜面崩壊の危険度評価が行えることになる。そのための基礎資料を得る目的で、ここ数年にわたって足利市周辺にある急傾斜地の斜面において常時微動観測を実施している²⁾。それらの常時微動の測定結果に基づいて、斜面の振動性

状と斜面の形状、被覆層の厚さなどについての関係を検討するとともに、擁壁などの斜面崩壊防止処置が施される以前と以後とで斜面の振動性状にどのような相違があるのかについて報告する。

2. 測定とデータ解析

急傾斜地崩壊危険箇所の中から、地形や地質の資料などのある地点を常時微動の測定地点として選定した。今回は、斜面崩壊防止処置が施される前に測定を行った2地点について擁壁設置後に再び測定を行った。表1は、観測地点名、測定斜面の平均的な斜面傾斜度、測定日、測点数を示したものである。測点は、斜面のふもとに1点(測点1とする)、斜面上に5~7点設けた(低い方から測点2~8とする)。斜面上の測点の間隔も表1に示してある。なお、同一測定地点において擁壁設置後に測点数が多くなっているのは、擁壁などの設置による斜面形状の変化に応じて測点を増やしたためである。

表1 測定地点名、斜面の傾斜度、測点条件

測定地点名	斜面傾斜度	測定日	測点数	測点間隔 (m)
五十部町 A (足利:擁壁設置前)	30°	1996 年 11 月 5 日	6	5~12
五十部町 B (足利:擁壁設置前)	30°	1996 年 11 月 22 日	6	8.5~14.6
五十部町 A (足利:擁壁設置後)	30°	1998 年 11 月 14 日	7	5~12
五十部町 B (足利:擁壁設置後)	30°	1998 年 11 月 28 日	8	5~12

(注) 五十部町の A, B は区別のために便宜的につけている

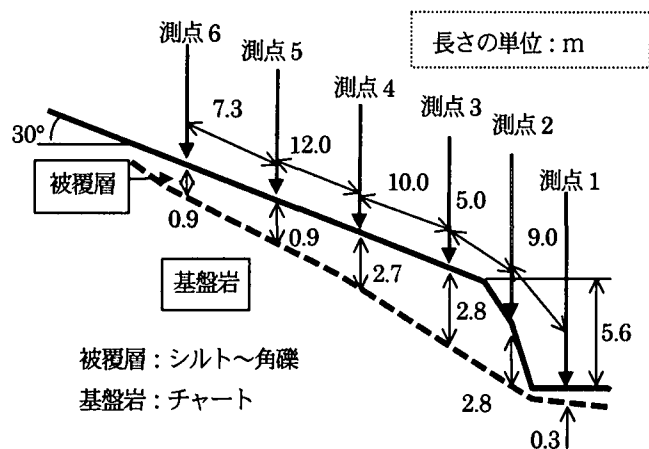


図1 五十部町A (擁壁設置前) の測定地点の断面図

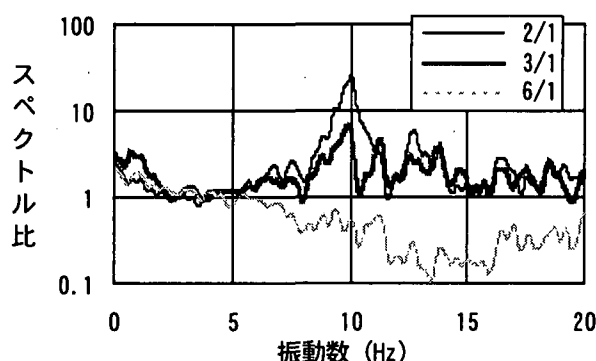


図3 測点1に対する各測点の常時微動の
スペクトル比
(五十部町A: 傾斜方向, 擁壁設置前)

サーボ型速度計を用いて、2つの測点でそれぞれ水平2方向(斜面の傾斜方向と等高線方向)と鉛直方向の計3方向の常時微動を同時観測した(原則として基準となる測点1と他の測点を同時に測定している)。各測点において30秒間の観測を3～5回ずつ行った。観測データよりフーリエスペクトルを算出し、各測点の常時微動のスペクトルを測点1の常時微動のスペクトルで除した比を観測データごとに求め、それらの比の幾何平均を測点ごとに計算して得た平均スペクトル比を用いて、各測点の常時微動を比較することとした。

3. 測定結果

図1は擁壁設置前における五十部町Aでの斜面(基盤岩はチャート)の断面図である、被覆層厚は測点2, 3で2.8mとなり一番厚い。図2は斜面のふもとと測点1での、平均フーリエスペクトルを示したものである、傾斜方向、等高線方向についてはほぼ同じ値になっているが、鉛直方向については約12Hz以上で異なる値になっ

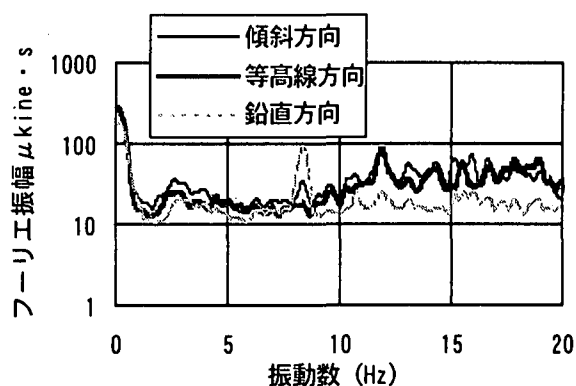


図2 五十部町A (擁壁設置前) における
測点1の平均フーリエスペクトル

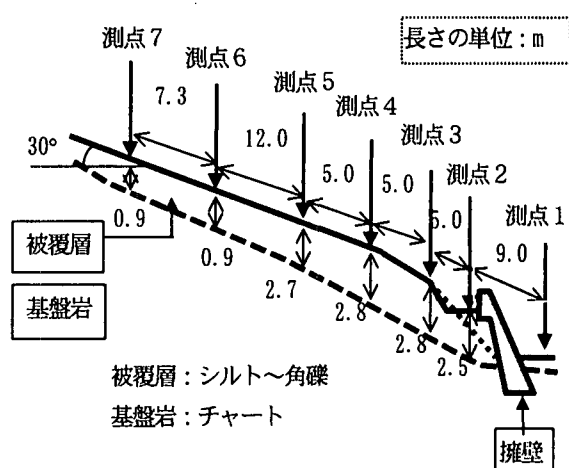


図4 五十部町A (擁壁設置後) の測定地点の断面図

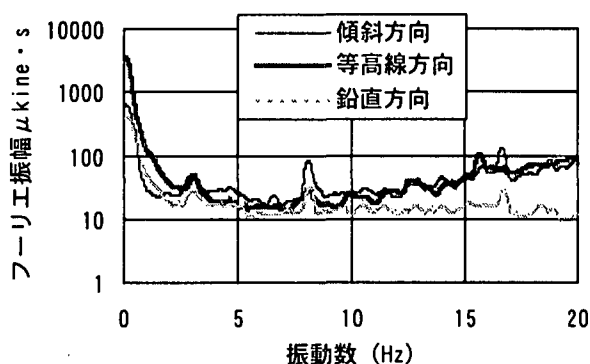


図5 五十部町A (擁壁設置後) における
測点1の平均フーリエスペクトル

ている。測点1に対する測点2, 3, 6の傾斜方向微動のスペクトル比を示したのが、図3である。なお、図中では省いているが、測点4, 5のスペクトル比は測点6のスペクトル比とほぼ同じである。5～20Hz程度では測点2, 3の常時微動のフーリエ振幅が測点1のものをほとんど上回っている。これらの測点がふもとと近くで、斜面の傾斜がより急な部分の近くに位置しているためと考え

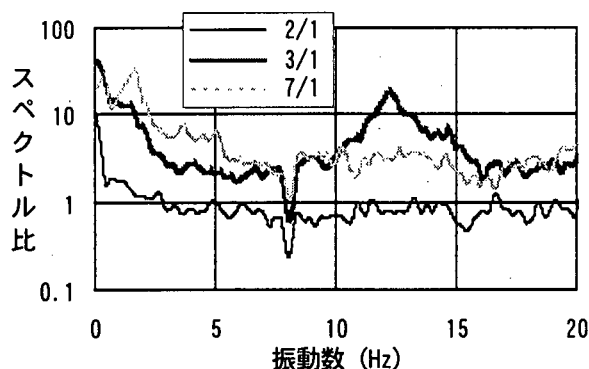


図6 測点1に対する各測点の常時微動の
スペクトル比
(五十部町A：傾斜方向，擁壁設置後)

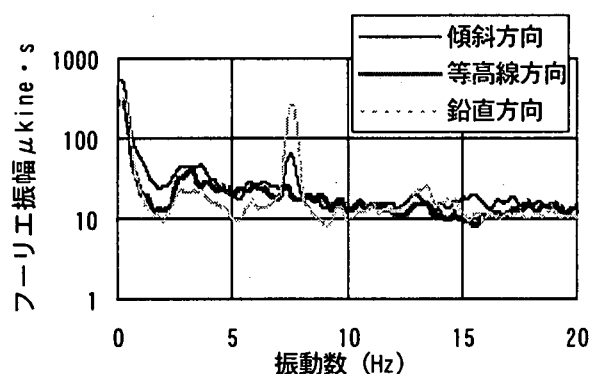


図8 五十部町B（擁壁設置前）における
測点1の平均フーリエスペクトル

られる。同様な傾向が等高線方向，鉛直方向の常時微動に関しても認められた。

図4は五十部町Aの擁壁設置後における斜面の断面図である。擁壁は、測点3付近の斜面を少しけずり設置されている。図1に示した測点1と測点2の間に擁壁が設置されたため、測点2の位置は擁壁背後の裏込め土の上となっている。また擁壁設置場所付近の振動特性の変化を調べるため図1における測点3と測点4の間に測定点を1ヵ所増やし、新たに測点4とした。図5は斜面のふもとの測点1での平均フーリエスペクトルを示したものである。三方向ともに擁壁設置前の図2と同様な形状となっている。図6は擁壁設置後において五十部町Aの測点1に対する測点2、3、7の傾斜方向微動のスペクトル比を示したものである。図6の測点2、3は図3の測点2、3とそれぞれ同一位置で、図6の測点7は図3の測点6と同じ位置である。測点4、測点5、測点6に関しては測点7のスペクトル比と類似していたため省いた。測点2におけるスペクトル比の値が図3とは違い1に近くなっている。一方、測点7でのスペクトル比はほとんど1を上回っており図3の測点6とは異なる傾向となっている。いずれも擁壁設置に伴う変化と考えられる。同

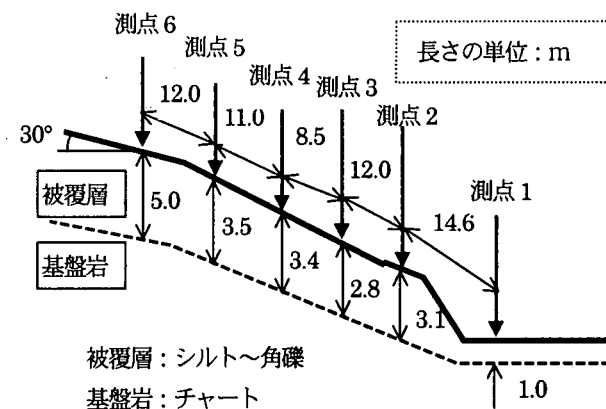


図7 五十部町B（擁壁設置前）の測定地点の断面図

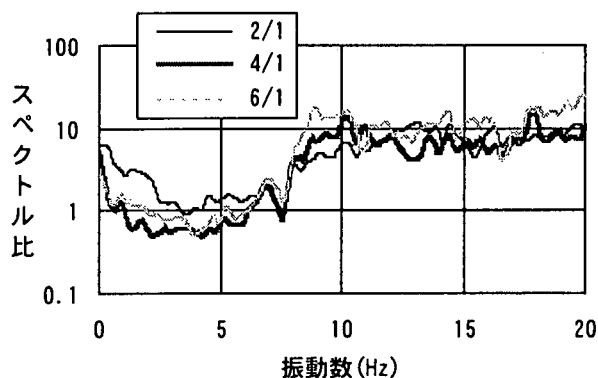


図9 測点1に対する各測点の常時微動の
スペクトル比
(五十部町B：傾斜方向，擁壁設置前)

様の結果が等高線方向，鉛直方向に関しても得られた。

図7は擁壁設置前における五十部町Bの斜面の断面図を示したものである。五十部町Aと同様に基盤岩（チャート）の上に被覆層があり、その厚さは測点1で1.0m、測点2～5で2.8～3.5m、測点6で5.0mとなっている。図8は斜面のふもとの測点1での平均フーリエスペクトルを示したものである。三方向ともに同様な形状を示している。図9は測点1に対する測点2、4、6の傾斜方向微動のスペクトル比を示したものである。測点3、5のスペクトル比は測点4のスペクトル比と類似しているため、図示していない。測点6での常時微動のフーリエ振幅が約8Hz以上で他の測点でのものを上回ることが多いが、これは、この測点における被覆層がもっとも厚いたためと考えられる。同様な傾向が等高線方向，鉛直方向に関しても認められた。

図10は五十部町Bの擁壁設置後における測定地点の断面図である。図7の測点1と測点2の間に擁壁が設置されたため測点2の位置で切土された。また擁壁設置場所付近の振動特性の変化を調べるため図7における測点1と測点2、測点2と測点3の間に測定点をそれぞれ1つずつ増やし、各々を新たに測点2、測点4とした。図

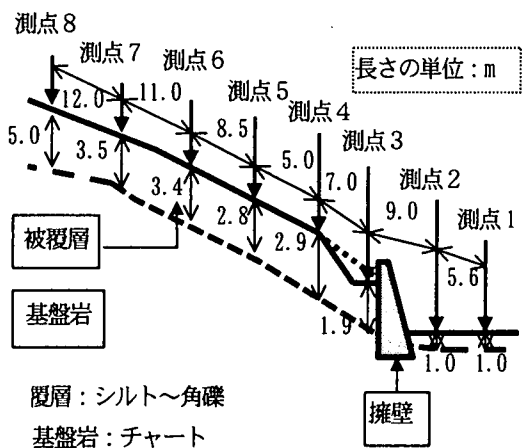


図10 五十部町B（擁壁設置後）の測定地点の断面図

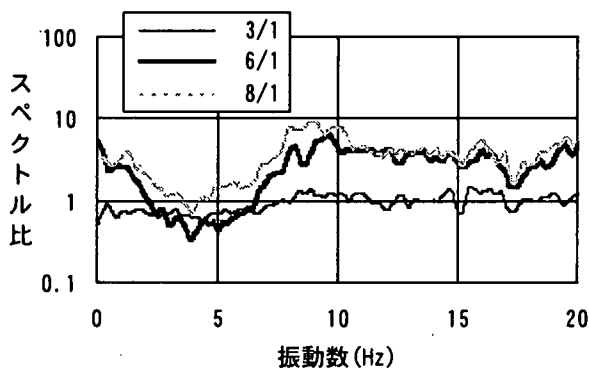


図12 測点1に対する各測点の常時微動の
スペクトル比
(五十部町B：傾斜方向，擁壁設置後)

11 は斜面のふもとの測点 1 での平均フーリエスペクトルを示したものである。図 8 に示した擁壁設置前と同様な形状となっている。図 12 は、擁壁設置後において測点 1 に対する測点 3、6、8 の傾斜方向微動のスペクトル比を示したものである。なお、図 12 の測点 3、6、8 は図 9 での測点 2、4、6 にそれぞれ対応する。図 9 と比べて全体的にスペクトル比が 1 に近い値となっていることがわかる。特に測点 3 では検証対象とした振動数範囲でスペクトル比がほぼ 1 になっている。同様の結果が等高線方向、鉛直方向に関しても得られた。このような違いは、五十部町 A の場合と同様に、斜面のふもと付近に擁壁を設置したことにより、斜面の振動性状が変化したために生じたと考えられる。測点 2 におけるスペクトル比は測点 3 と、測点 5 と測点 7 におけるスペクトル比は測点 8 と同様であったが、測点 4 におけるスペクトル比に特徴があったので、図 13 に示す。測点 4 におけるスペクトル比の値が多く振動数において 10 を上回っている。これは擁壁の設置に際して、斜面の削り取られた部分の上端付近に測点 4 が位置しているためと考えられる。

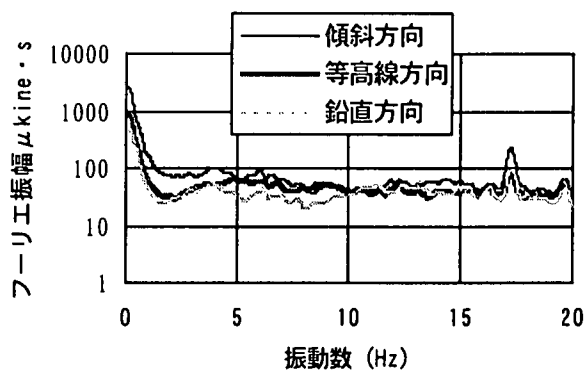


図11 五十部町B（擁壁設置後）における
測点1の平均フーリエスペクトル

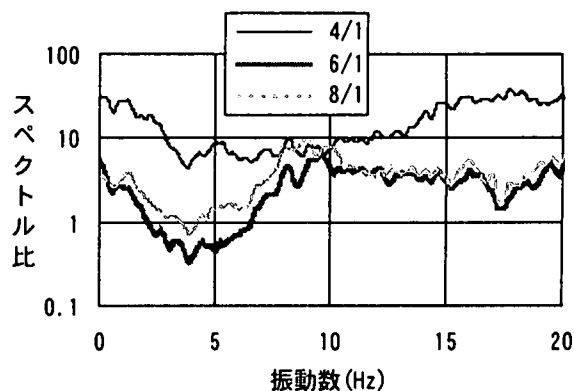


図13 測点1に対する各測点の常時微動の
スペクトル比（その2）
(五十部町B：傾斜方向，擁壁設置後)

4. まとめ

足利市内の急傾斜地の斜面において常時微動を測定した結果、ふもと近くで斜面の傾斜が急となる部分、被覆層の厚い部分で常時微動の（フーリエ）振幅が大きくなることが以前の研究でも確認できたが²⁾、擁壁などの斜面崩壊防止処置が施された場合、設置された擁壁に近接した部分の振動が斜面のふもとの振動と同等程度の大きさとなり、擁壁設置部分以外のところでも設置前と振動特性に違いが現われてくることがわかった。

謝辞： 栃木県足利土木事務所の河川砂防課の方々には急傾斜地に関する資料を提供して頂き、測定に際し色々便宜を図って頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 建設省河川局砂防部：砂防便覧（平成9年版），社団法人 全国治水砂防協会，1998年。
- 2) 篠 泉，八島 亘：急傾斜地の斜面における常時微動の観測例，第24回関東支部技術研究発表会講演概要集，I-11，pp.22-23，1997年。