

対策工の施工された地すべり地の振動特性

愛媛大学工学部 学生会員 ○大竹 秀典

愛媛大学 フェロー 森 伸一郎

1. はじめに

現在の地すべり調査では、地すべり土塊の領域と深さの特定は、地表の変状観察、鉛直ボーリングによる地質判定、傾斜計による変位計測などによるほか、経験則によることも多い。また、前述の調査には多くの時間と費用を要する。したがって、概査であっても、簡易で迅速で安価な手法の開発が望まれる。過去に、常時微動測定、表面波探査、AE 測定などの利用が試みられているが、確立した手法とはなっていない。

そこで、対策工が施工され、地すべり面の特定や地質構造の判明している地すべり地を対象に、微動測定を行い、基盤深さ、地すべり面深さと卓越周期との関係を検討した。

2. 対象地点および測定位置

測定対象とした愛媛県内の NNT 地区地すべり地は、秩父・三宝山層群に属し、地すべり防止区域面積約 1.17km²、平均勾配約 20°である。図-1 に NNT 地区地すべり地平面図を示す。図中黒丸は調査ボーリングを、白丸は微動測定点を示す。

微動測定には、2 秒まで平坦な特性を持つ 3 成分速度計 CR4.5-2S を用い、水平 2 成分は NS 方向と EW 方向とした。測定機 GEODAS を 2 機用いて、センサー 1 台の単点測定を 2 チームで平行実施した。地すべり領域外の地点 0 を初めに測定し、計 16 地点で、1 地点 3 分間を 2 回測定した。

3. 常時微動測定の解析方法および解析結果

どの地点でも速度時刻歴振幅は、1μm/s 前後の低振幅であった。解析では良好な時間帯から 10.24 秒間を 1 セグメントとし、8 個のセグメント用いてフーリエ解析を行い、フーリエスペクトルやその比についてアンサンブル平均を求めた。Parzen ウィンドウによる平滑化も行ったが、微細なピークの検出には不向きと判断した。2Hz 以下は低周波数ノイズの影響が大きく検討から除外する。

図-2 に各地点における NS 方向のスペクトルと H/H スペクトル比を示し、読み取った卓越部分を逆三角形印で示す。場合によっては 2 つの卓越を読

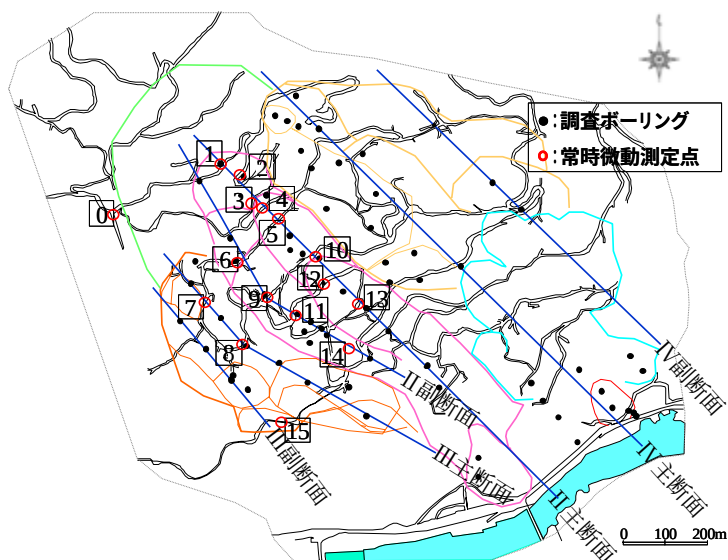


図-1 NNT 地区地すべり地平面図

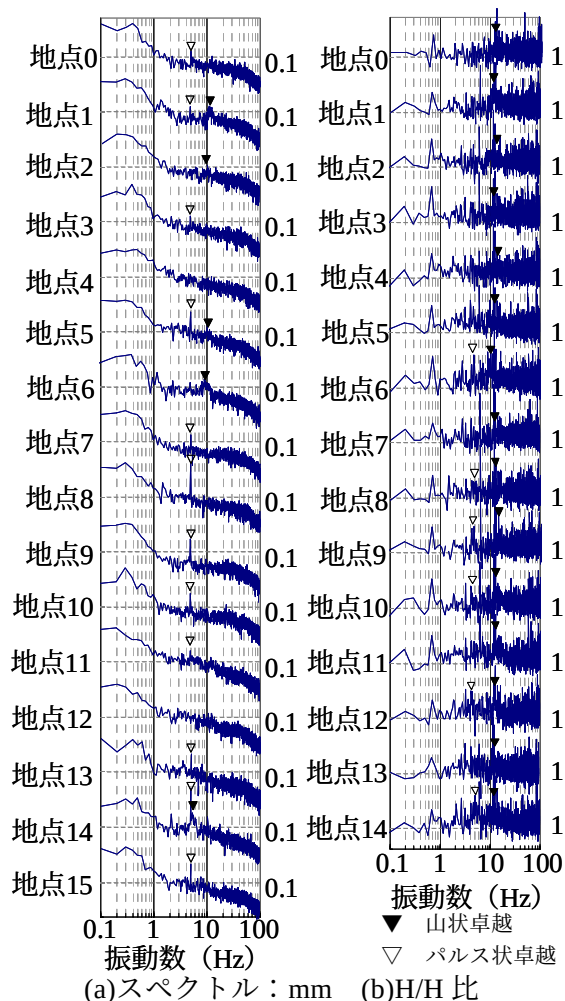


図-2 地すべり地の微動スペクトルと H/H 比(NS 成分)

いる。H/H スペクトル比の基準点には、切土露頭の見える道路上である地点 15 を用いた。スペクトルで不明瞭なものでも H/H 比で明瞭であるものもあるが、比では基準点に依存するのでスペクトルを尊重した。表-1 に H/H 比を参考にしながらもスペクトルより読み取った卓越振動数の一覧を示す。地点 6 より上部で 9Hz 以上の卓越が見られるのに対し、それより下部では、5Hz 付近の卓越が見られる。

4. 基盤・地すべり深さと卓越周期の関係

地すべり土塊の下端が剛性の異なる地層境界となるのであれば、基盤面(b)として地層境界の一つを選択できる。すなわち、剛性の低下する表層地盤の振動が卓越するという仮説である。また、必ずしも地層境界とは一致せずとも、変位急増深さを以て規定されるすべり面以浅の土塊内での重複反射が卓越するとの仮説も考える。傾斜計による観測変位を根拠に知られている浅層地すべり面(s)と深層地すべり面(d)の両方を考える。図-3 に測定点を横切る II 主断面を示す。この図には前述の(b), (s), (d)の 3 種の面の深さが描かれている。地表踏査により観察された新鮮な岩盤から連続する地層の上面を基盤面としている。

図-4(a)~4(c)にそれら 3 種の面の深さ H と卓越周期 T の関係を示す。深層地すべり深さと周期の関係では、相関係数が 0.72 であり最も相関が高い。地すべり土塊内のせん断波の重複反射を仮定して一次元波動論を適用すれば、地すべり土塊内のせん断波速度を V_s とすると、 $T=4H/V_s$ が成り立ち、図-4 の散布図は原点を通る 2 直線に挟まれる。2 直線の傾きは土塊の $4/V_s$ の上下限に相当する。基盤面(b)では V_s は概ね 200~800 に分布し、平均値は 450m/s である。浅層地すべり面(s)では、概ね 150~720 に分布し平均値は 400m/s である。深層地すべり面(d)では、800~1400 に分布し平均値は 1100m/s である。微動のスペクトルから T を読み取り、 V_s に上述の平均値を当てはめれば、 $H=(V_s/4)T$ により 3 面の深さを推定できることになる。どの面に適用すべきかは今後の検討課題であるが、深層地すべり面の推定に使うとすれば 20% の誤差で推定することができる可能性があることを意味する。

表-1 卓越振動数一覧

地点	卓越振動数	
	f	f _{H/H}
0	4.9	12.8
1	12.6	12.8
2	10.5	12
3	5	12.9
4	-	11.9
5	5.0, 10.5	12.9
6	5.0, 9.5	4.8, 10.8
7	5.2	12
8	5.1	11.9
9	5.1	5.0, 12.0
10	5.2	4.1, 12.8
11	5.5	12
12	-	4.4, 12.7
13	5.2	12
14	5.1	5.0, 12.7
15	5.1	-

f: NS 方向スペクトル

f_{H/H}: NS 方向 H/H スペクトル比

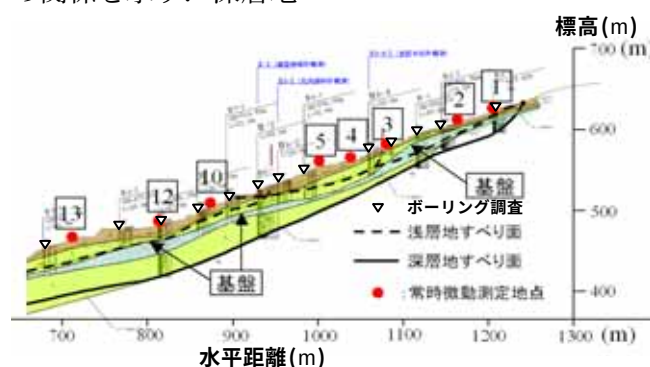
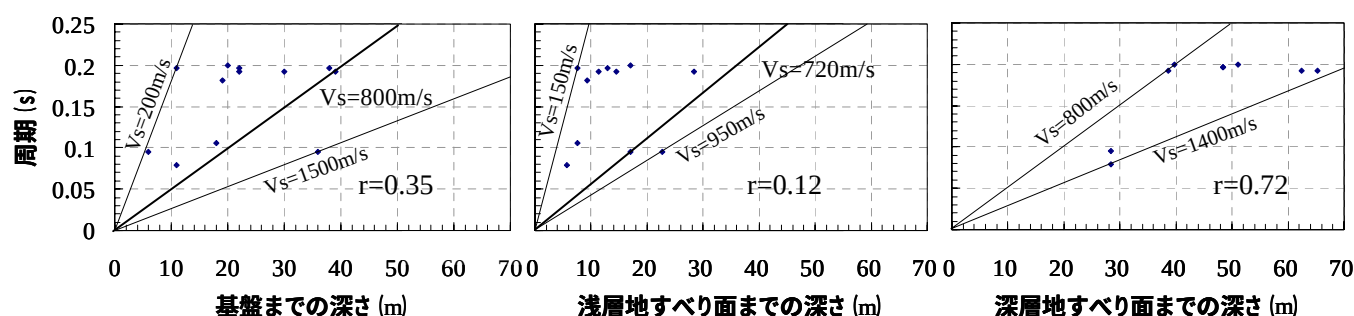


図-3 II 主断面での地質構造と推定すべり面



(a)基盤面深さと周期の関係 (b)浅層地すべり深さと周期の関係 (c)深層地すべり深さと周期の関係

図-4 基盤面深さ、浅層地すべり深さ、深層地すべり深さと周期の関係

5. 結 論

愛媛県 NNT 地区における地すべり地において微動測定を実施し、基盤面、浅層地すべり面、深層地すべり面の深さと卓越周期の関係に一次元重複反射理論を適用することで、予め想定する面の深さまでの平均せん断波速度を得られていれば、地すべり土塊の深さを推定できる可能性があることがわかった。

謝 辞: 愛媛県土木部砂防課の皆様には調査の協力と資料提供など、大変お世話になりました。また、増田 信氏 (キンキ地質センター) には有益な議論をして戴きました。記して謝意を表します。