

近畿地方における大規模土砂災害移動検知の振動センサー
地中化によるノイズ低減と検知可能崩壊規模の検討

徳島大学大学院 ○大角 恒雄
近畿地方整備局河川部河川計画課 木下 篤彦, 北川 眞一
国土交通省国土政策総合研究所 危機管理技術研究センター 内田太郎
国土交通省水管理・国土保全局砂防部砂防計画課 中谷 洋明
(株)エイト日本技術開発 海原 荘一, 東 和宏

1. はじめに：大規模土砂災害発生位置を検知するための振動センサーによる検知は、大規模崩壊の発生位置、崩壊規模、発生時刻を知るための有効手段として期待されている。大規模土砂移動検知システムの観測局設置位置選定にあたり、センサー設置候補地において常時微動計測を実施し、極力ノイズレベルの小さな地点を選定するが、振動センサーは高感度なため、ノイズを低減するために地中化が必要となる。そのノイズ低減効果に対し、崩壊検知可能な限界を知るために、平成 23 年台風 12 号により紀伊半島で多数発生した深層崩壊時に観測された振動記録を解析し、崩壊規模と振動エネルギーの関係について一考察を得た。

2. 地中埋設によるノイズ減少効果：大規模崩壊による振動は微小なため、検知するためには河川などの自然由来の振動や幹線道路・鉄道・工場など人工由来の環境振動の影響が小さいことが求められる。ただし、効果的な設置場所の地表面にはノイズが含まれ、振動センサーの地中化が必要となるが、ノイズ減少効果が明確でない。宮川・酒井(2008)は首都圏地震観測網(MeSO-net)構築におけるノイズ調査において、20 m が目安と思われるが、奈良県五條土木事務所工務第二課（観測局 ID603）において、センサー埋設時に地表と地中(GL-39.33m：岩着)位置で、同じ特性を持つ速度計で同時に計測した。

図 1 に地表と地中で計測した 327.68 秒間の速度 UD 成分のフーリエスペクトルの比較を示す。大規模土砂移動検知システムで地盤振動検出のために使用する 1～7 Hz 帯では、地表ノイズは地中の 2 倍程度であり、7 Hz 以上では 10 倍を超える。また、浅部地盤の特性とみられる 1.3 Hz、2 Hz 付近のピークは地中では見られない。この傾向は、宮川・酒井(2008)による東京大学地震研究所内で計測した地表と地下 20 m での比較とよく似ており、観測局位置によらず類似しているものと考えられる。

3. 使用する振動数帯でのノイズレベル評価：大規模土砂移動検知システムで使用する振動数帯に限定して、ノイズレベルを定量的に評価する。図 2 に地表と地中の 10 分間の速度波形（1～7 Hz のバンドパスフィルタをかけたもの）を示す。1 目盛りが 0.1 mkine である。評価には、観測期間中 10 分間の「自乗平均平方根(RMS: Root Mean Square)振幅」を用いた。このサイトにおける RMS 振幅値を表 1 に示す。地中の RMS 振幅値は地表の 45 %程度であり、半分弱に減衰していることが分かる。

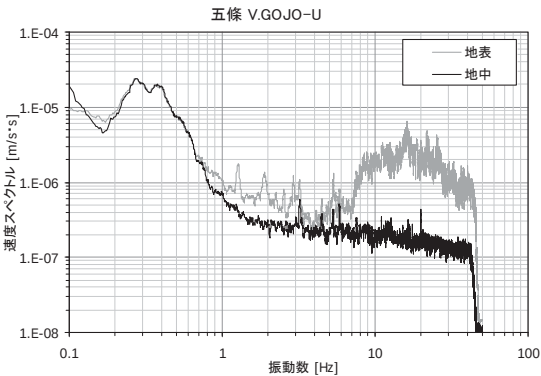


図 1 五條土木事務所における地表・地中の速度 UD 成分フーリエスペクトルの比較

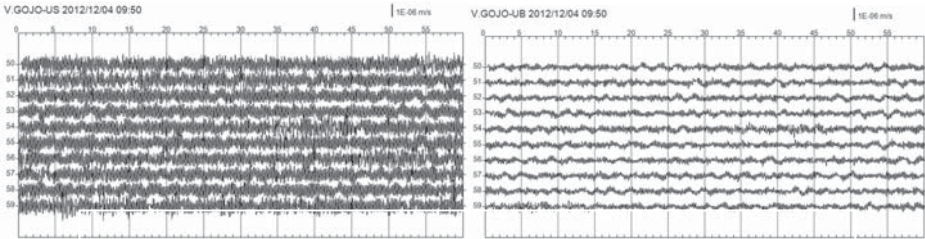


図 2 五條土木事務所における（左）地表、（右）地中の速度波形

表 1 五條土木事務所における地表・地中速度 UD 成分 RMS 振幅値の比較

サイト	RMS 振幅値
地表	29.7 μ kine
地中	13.3 μ kine

4. Hi-net 観測点との比較：埋設深度 100 m 前後に埋設されている周辺の Hi-net 観測点（図 3）と本システム観測局の平常時のノイズレベルを地震の発生していない時間帯昼夜で比較した。Hi-net 観測点については、北側 4 観測

点(市街部)と南側5観測点(山間部)で夜/昼の差に傾向の違いが見られた。10 分間の毎秒の RMS は市街部 (2.4~11.8 μ kine) では昼間の山間部(1.2~1.5 μ kine)となり、夜間は市街部 (1.3~5.3 μ kine) の山間部(0.89~1.3 μ kine)となる。本システムの観測局については、昼間は天川村役場(5.1 μ kine)・野迫川村役場(4.8 μ kine)で Hi-net 山間部の 4 倍程度、五條土木事務所で 9 倍程度である。夜間になると五條土木事務所(4.7 μ kine)も 2 局同程度となり、Hi-net 山間部の 4.5 倍程度となる。

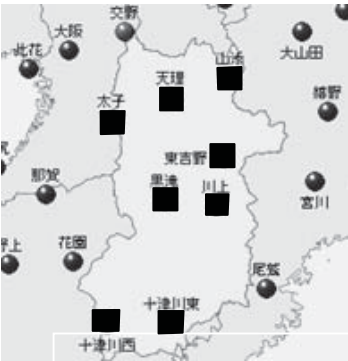


図 3 Hi-net 観測点
(対象地点：■)

表 2 Hi-net 観測点・本システムの観測局における 10 分間 RMS 平均値
(昼：2012/12/07 14:00 - 14:10, 夜：2012/12/07 23:20 - 23:30)

観測点名	昼間 RMS 振幅値	夜間 RMS 振幅値	夜間／昼間比
交野 N.KTNH	3.73 μ kine	2.16 μ kine	0.58
太子 N.TISH	11.8 μ kine	5.34 μ kine	0.45
山添 N.YZEH	2.36 μ kine	1.32 μ kine	0.56
天理 N.TRIH	5.12 μ kine	2.58 μ kine	0.50
東吉野 N.HYSH	1.32 μ kine	0.886 μ kine	0.67
黒滝 N.KRTH	1.24 μ kine	0.900 μ kine	0.73
川上 N.KAWH	1.33 μ kine	1.03 μ kine	0.77
十津川東 N.TKEH	1.50 μ kine	0.994 μ kine	0.66
十津川西 N.TKWH	1.38 μ kine	1.29 μ kine	0.93
天川村役場 V.TNKW	5.06 μ kine	4.64 μ kine	0.92
野迫川村役場 V.NSGW	4.80 μ kine	4.54 μ kine	0.95
五條土木 V.GOJO	11.6 μ kine	4.71 μ kine	0.41

5. 検知可能な崩壊規模：大規模崩壊監視警戒システムでは、上下方向の地盤振動によりトリガ検知し、Hi-net 観測点の波形データから RMS 振幅値（平常時の 2.5 倍の振幅である「判定レベル」がこの値未満であればトリガ検知できたという値）を求めた。崩壊土砂量ごとの RMS 振幅値と崩壊発生位置からの距離の関係式が求め、仮定する観測局間隔ごとに RMS 振幅値が「判定レベル」を超える最小の崩壊土砂量を求めた RMS 振幅値は崩壊土砂量と崩壊位置からの距離を変数として、この評価式を様々な崩壊土砂量で示したものと表 2 に示した各観測点の RMS 値から Hi-net 市街部・Hi-net 山間部・本システムの昼・夜について判定レベルを求め、観測局が 20 km 間隔・30 km 間隔としたときの夜間時の検出限界規模を求めた検出限界評価グラフを図 4 に示す。20 km 間隔で観測局を設置した場合の検出限界規模は 160 万 m^3 となる。なお、この評価では降雨時のノイズレベル上昇については考慮していない。地中 20 m の埋設深度で降雨ノイズがどれほどの大きさになるかについては、降雨時のピークと崩壊時刻のずれがあるので検知できると期待される。

6. まとめ

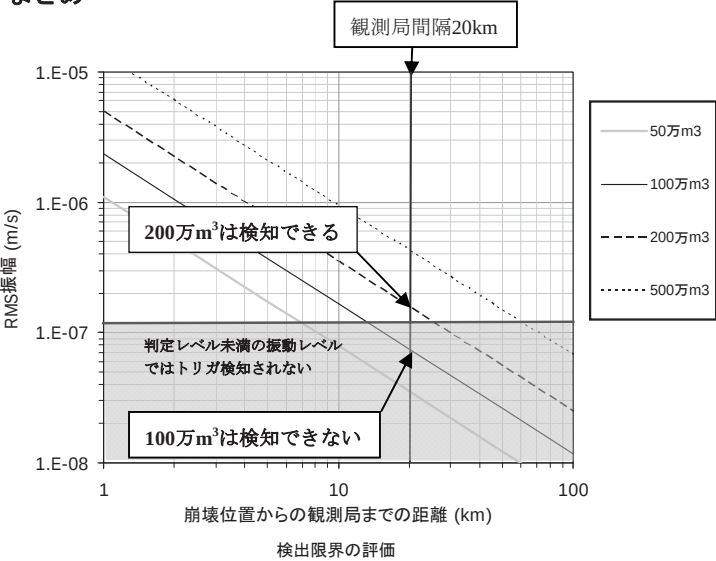


図 4 大規模崩壊監視警戒システムの夜間における検出限界

- 1) 当該システムで深層崩壊の検出可能な規模は夜間の場合で 100 万 m^3 ~200 万 m^3 が検知可能な崩壊規模であった。
- 2) 昼間の交通振動や降雨によるノイズレベルの上昇が懸念される地点では、検出限界となる崩壊規模が大きくなる可能性も存在する。
- 3) 台風 12 号等では降雨終了に近い状況で深層崩壊が発生している事例が多く、降雨時のピークと崩壊時刻のずれがあるので検知できると期待される。
- 4) 近畿地域における事例を検討したが、今後は全国レベルで検討していく必要がある。

引用文献

[1] 宮川幸治・酒井慎一：地震波形の時間周波数解析ツールの開発—首都圏地震観測網 (MeSO-net) 構築におけるノイズ調査への適用—, 東京大学地震研究所技術研究報告, No. 14, pp. 13 - 22, 2008.