

土砂移動早期検知のための流域監視手法

木下篤彦・田中健貴

1. はじめに

奈良県・和歌山県にまたがる紀伊山系では、平成23年9月の台風12号により、深層崩壊が多数発生し、大規模な被害が発生している(写真-1、2)¹⁾。土砂災害が発生した場合に重要なことは、土砂移動をいち早く察知し、住民に避難行動を促すことである。平成26年4月に近畿地方整備局に発足した大規模土砂災害対策技術センター(和歌山県東牟婁郡那智勝浦町)では、地震計を用いた深層崩壊検知技術、**ハイドロフォン**^{*}・濁度計等を活用した天然ダムの監視技術について研究している。

2. 地震計を用いた崩壊検知技術について

2.1 大規模土砂移動検知システムについて

国土交通省では、平成23年度より深層崩壊の危険性の高いエリアを中心に、深層崩壊検知のための地震計を全国186箇所(平成30年10月現在)で設置している。これらを国立研究開発法人防災科学技術研究所のHi-net(全国775箇所、平成30年10月現在)と合わせて深層崩壊を検知するシステム(大規模土砂移動検知システム)を構築している²⁾。このシステムでは、深層崩壊危険箇所を網羅するように地震計を配置するとともに、深層崩壊に伴う複数の地震計の振動波形の立ち上がりやピークの時間差から崩壊発生地点を検知する(図-1)。一方、揺れ自体は地震や車両の通行等によっても発生し、精度良く崩壊発生を検知するためには、深層崩壊特有の地震波形を捉える必要がある。

2.2 深層崩壊により揺れが発生する理由について

紀伊山系砂防事務所では、深層崩壊が発生した奈良県五條市の赤谷地区(写真-1)の崩壊斜面にて、工事の安全対策等の理由から災害直後より監視カメラにて斜面の監視を行っている。赤谷地区は、深層崩壊発生以降も崩壊を繰り返しており、近隣のHi-netの地震波形データとカメラ画像から、崩壊土砂の動態と発生する揺れとの関係がおおよそ明

らかになっている(図-2、写真-3)³⁾。大規模な崩壊が発生し、土砂が河道を乗り越え、対岸にぶつかることで振動が発生することが分かった。

2.3 今後の課題について

これまでの研究成果では、深層崩壊が発生した場合、振動は、1~5Hz程度の低周波が卓越しているという報告がある⁴⁾。ただし、なぜ低周波が卓越するのか、という研究成果が不十分な状況である。現在、赤谷地区の崩壊斜面の対岸にて簡易的に地震計を設置し、再度崩壊した場合にはその振動波形を分析する予定である。また、水理模型による崩壊実験によっても低周波が卓越する理由について研究する予定である。

3. ハイドロフォン・濁度計等を活用した天然ダムの監視技術について

3.1 天然ダムの監視に向けた取組みについて



写真-1 災害直後の奈良県五條市の赤谷(あかだに)地区の深層崩壊(平成23年9月6日撮影)



写真-2 災害直後の奈良県吉野郡十津川村の栗平(くりだいら)地区の深層崩壊(平成23年9月6日撮影)

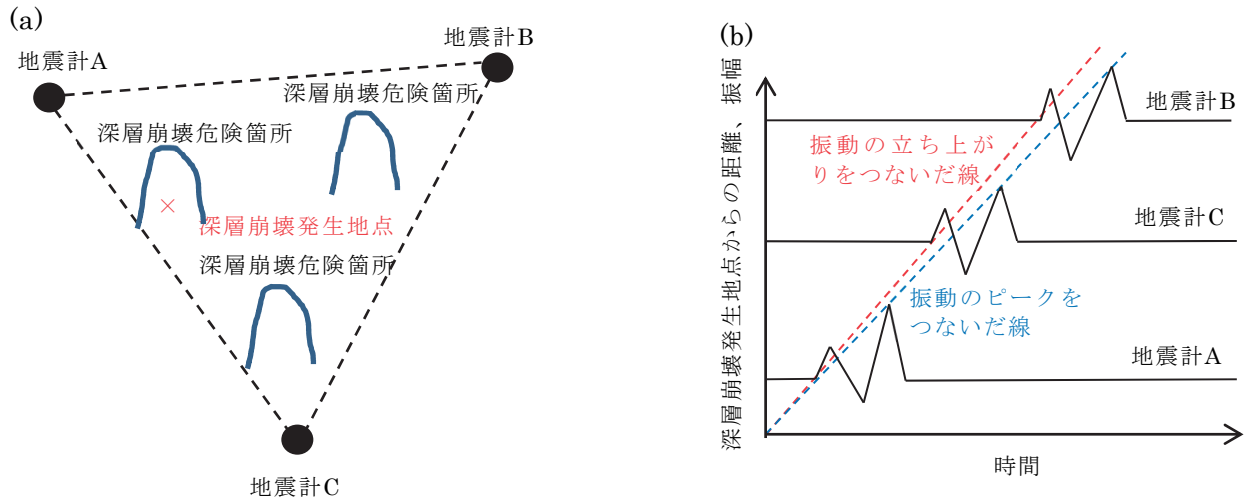


図-1 地震計による深層崩壊発生箇所検知の原理。(a)深層崩壊危険箇所周辺において3個の地震計により三角形を作る。(b)深層崩壊発生箇所から近い地震計ほど早く地盤の揺れが発生する。この考え方により、(a)から距離比に応じて深層崩壊発生箇所を推定する。(b)において、推定した深層崩壊発生地点が正しければ、各地震計の振動の立ち上がり点及び振動のピーク点はほぼ直線になる。

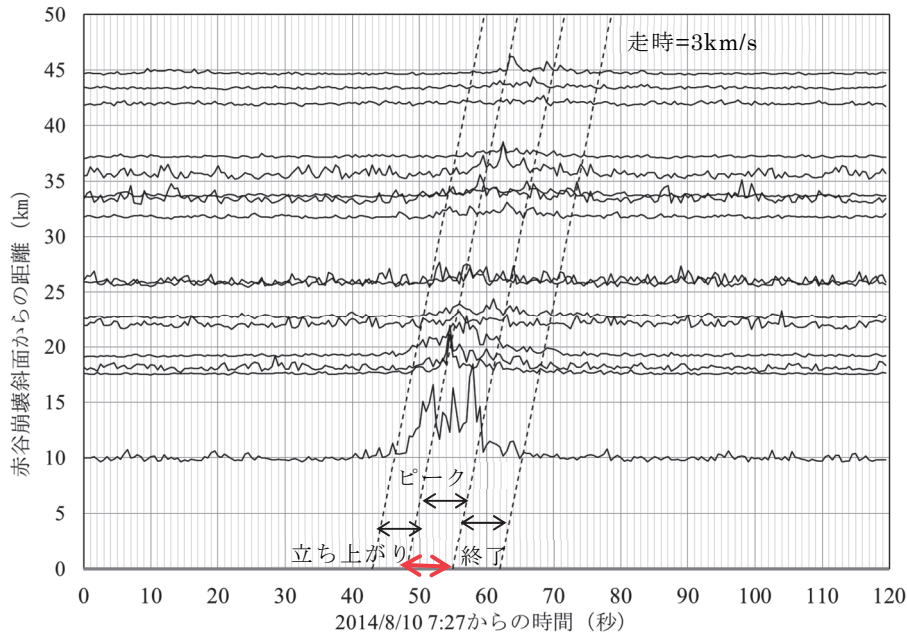


図-2 各観測局の振幅の時間変化。点線は地震計から推定される振動の走時を示す。図中の秒数は走時から推定した赤谷地区での振動の立ち上がり、ピーク、終了時刻。赤矢印は、カメラからおよそ崩壊土砂が対岸に衝突している時間を示す。

平成23年台風12号で発生した天然ダムうち、工事により湛水池を崩壊土砂で埋め戻した箇所も有り、現在、赤谷地区(奈良県五條市)、長殿地区・栗平地区(奈良県吉野郡十津川村)の3箇所湛水池の水位観測が行われている。また、平成28年には栗平地区、平成29年には赤谷地区に、天然ダムの越流による土砂流出の監視を目的として、流砂観測機器を設置している。

3.2 天然ダム越流による土砂流出の観測について

図-3に栗平地区の平面図を示す。天然ダムの約2m下流の砂防堰堤の前庭保護工付近に写真-4~6のような観測機器が設置してある。

設置翌年の平成29年10月の台風21号では、累積雨量約468.5mm、最大時間雨量38.5mmの雨により、仮排水路の下流部が延長約80mに渡り流出し、最大約28mの河床低下が発生した(図-4)。観測機器についても、土砂により埋まった(写真-7)。

図-5に台風21号時の濁度と水位の時間変化、ハイドロフォンから算出される掃流砂量と水位の時間変化を示す⁵⁾。湛水池の水位が上昇し、水が天然ダムを越流すると、水位の上昇とほぼ同時に、天然ダム堤体の侵食により、濁度の上昇・掃流砂量の増加が見られる。これらの指標によって、天然ダム下流に設置された観測機器から天然ダムの

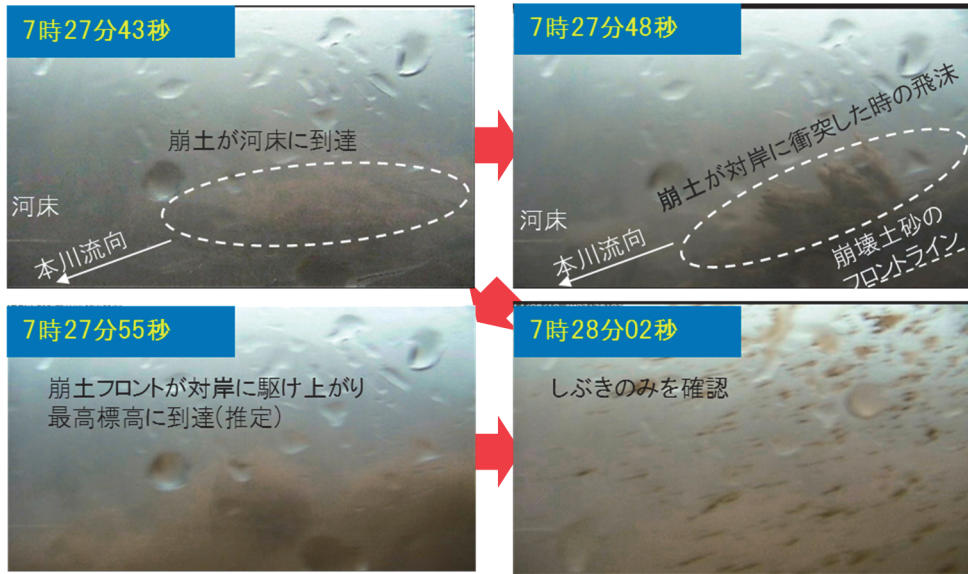


写真-3 平成26年8月10日の台風11号による赤谷地区の斜面の対岸に設置したカメラが捉えた崩壊の画像

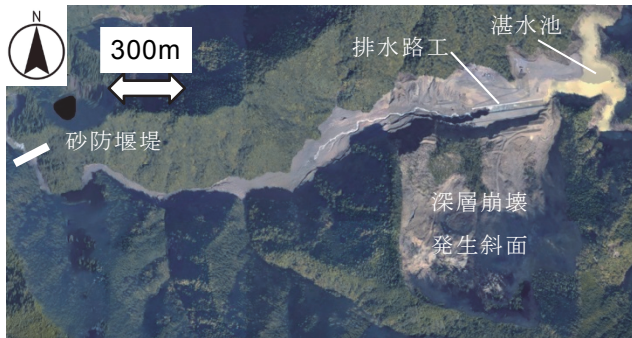


図-3 栗平地区の平面図。下流の砂防堰堤の位置に計測器が設置してある。



写真-5 写真-4中、プレート型ハイドロフォン、濁度計、水位計の設置状況



写真-4 砂防堰堤下流での観測機器の設置状況

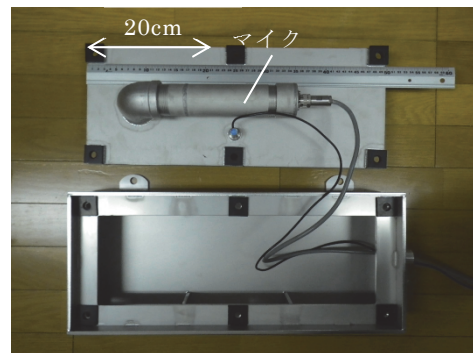


写真-6 プレート型ハイドロフォンの内部

越流を監視できることが分かった。

3.3 今後の課題について

天然ダム発生箇所では、越流による侵食の他、崩壊土砂の再移動などの土砂移動現象も想定される。土砂移動現象やその発生位置によって、濁度・掃流砂量・水位などの時間変化には違いが出るのが想定される。今後、できるだけ多くの箇所で観測を実施し、土砂移動現象検知のための監視・観測技術の精度を高めていきたい。

4. まとめ

地震計を用いた深層崩壊検知技術、観測機器を用いた天然ダムの監視観測方法について紹介した。この他にも、画像を用いた土砂移動検知技術⁶⁾やダム流入量による深層崩壊発生検知技術⁷⁾にも取り組んでおり、今後成果を公表していきたい。

謝 辞

国立研究開発法人防災科学技術研究所のHi-netデータを使用した。ここに感謝の意を表します。

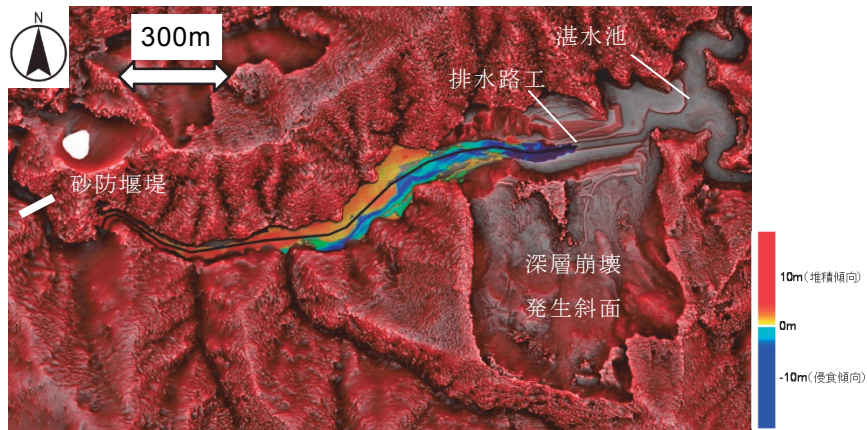


図-4 平成29年台風21号前後の栗平地区の河床高の変化

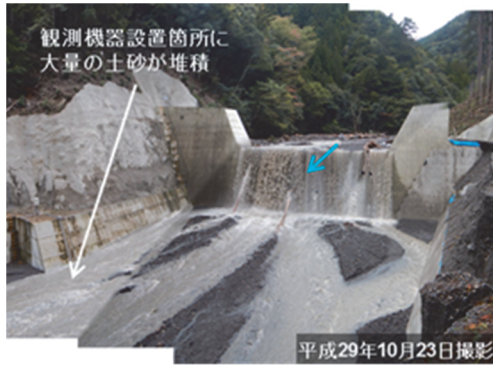


写真-7 平成29年台風21号直後の栗平地区の砂防堰堤下流の様子。堆積土砂により観測機器は埋まっている。

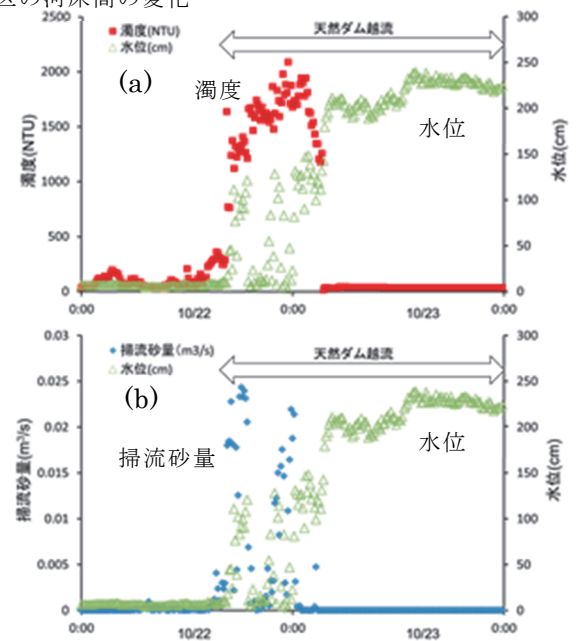


図-5 平成29年台風21号時の栗平地区の砂防堰堤下流での(a)濁度と水位、(b)掃流砂量と水位、の時間変化

参考文献

- 1) 木下篤彦：平成23年台風12号による深層崩壊への対応、土木技術資料、第54巻、第10号、pp.26～29、2012
- 2) 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ火山・土石流チーム：大規模土砂移動検知システムにおけるセンサー設置マニュアル（案）、土木研究所資料、2012
- 3) 高原晃宙、木下篤彦、水野秀明、長谷川真英、梅田ハルミ、海原荘一、浅原裕：振動センサデータによる大規模土砂移動現象発生タイミング及び移動プロセスの解明について、河川技術論文集、第22巻、pp.43～48、2016
- 4) 浅原裕、菊井稔宏、嶋大尚、土井賢一、蒲原潤一、菊池五輪彦、岡本明、松下一樹、川嶋浩一、中谷洋明、武澤永純、大角恒雄：大規模土砂移動検知システムにおける事象判別法、平成25年度砂防学会研究発表会概要集、pp.B-214～215、2013
- 5) 田中健貴、吉村元吾、菅原寛明、木下篤彦、白杵伸浩、岡野和行、吉野弘祐：ハイドロフォン・濁度計等を活用した天然ダム監視観測方法について、河川技術論文集、第24巻、pp.53～58、2018
- 6) 五十嵐和秀、水谷佑、高原晃宙、木下篤彦、水野秀明：山地河川の濁りによるRGB値変化に着目した土石流発生検知手法開発に向けた試み、土木技術資料、第59巻、第6号、pp.20～23、2017

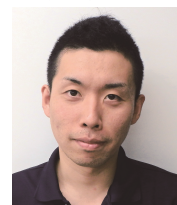
- 7) 木下篤彦、北川眞一、大山誠、海原荘一、東和宏、只熊典子：平成23年台風12号による紀伊半島での深層崩壊発生箇所下流での河道水位の変動、平成25年度砂防学会研究発表会概要集、pp.A-154～155、2013

木下篤彦



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部砂防研究室(近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター)主任研究官、博士(農学)
Dr.Atsuhiko KINOSHITA

田中健貴



国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター 技術係長
Yasutaka TANAKA