

77 音響センサーによる土石流検知について

建設省大隅工事事務所 見玉大善
滋賀大学教育学部 板倉安正
(財)砂防・地すべり技術センター 阿部宗平
(財)砂防・地すべり技術センター ○高濱淳一郎
(株)広域通信システム研究所 能和幸範

1. はじめに

桜島における土石流発生場は、南岳の火山活動による火山灰等の影響を受けて荒廃しつづけている。その結果、野尻川に代表されるように少量の降雨によっても土石流が発生するようになり、建設省管轄の年間平均土石流発生回数は約70回であり、通常の砂防河川では考えられない程の土石流が発生している。また、少量の降雨によっても土石流が発生するため、1日のうちに数回発生することもある。このように頻発する土石流から住民や通行中の車両、砂防工事関係者等の安全を確保するためには、確実かつ、リアルタイムに土石流の発生や規模を検知することが重要となってくる。現在の土石流発生検知センサーとしては、ワイヤーセンサーや光センサーを導入し、土石流の発生等を検知している。しかし、ワイヤーセンサーでは1度ワイヤーが切断されると、ワイヤーを再び敷設するまで次の土石流は検知できないことから、梅雨時期など再敷設に際しての安全性が確保されにくい場合や、頻発して発生する土石流には対応できないことになる。光センサーは、降灰や霧等の影響を受けて誤作動が多いこと等の問題がある。このような問題点を解決する土石流検知センサーとして、平成5年度から音響センサーを導入して土石流の発生検知を試験的に実施している。

本報は、音響センサーによる土石流発生検知方法、及び音響センサーによる土石流発生検知例、及び音響センサーから得られた信号波形を解析した結果を報告するものである。

2. 土石流信号波形の計測法

音響センサーは、土石流が流下する際に発生する音波のうち、地中を伝搬する音波を音響センサー（マイクロフォン）でとらえ、電気信号に変換後、この信号レベルから土石流流下を検知するものである。センサー部は片方が開放している円管の中にマイクロフォンが取り付けられており、開放部を下に向けて地中に埋設されている。図-1に音響センサーの概念図を示す。

音響センサーの特徴は以下のとおりである。

- ① マイクロフォンで土石流の流下を検知することから、連続して発生するような土石流にも対応することを想定したセンサーとなっている。
- ② センサー部が非接触型であることから、接触型であるワイヤーセンサー等で必要とされるメンテナンスが不要である。
- ③ センサー部を土中に埋設し、土中を伝搬する音をとらえるため、外部の雑音の影響を受けにくいいため、誤作動が少ない。

音響センサーシステムは野尻川5号ダムの右岸側と下流の流路工の右岸側2箇所に設置されている。それぞれの音響センサーは約15m離して2基設置されている。なお、野尻川には7号ダム地点にワイヤーセンサーが設置されており、ワイヤーセンサーによる検知と音響センサーによる検知とが比較できるようになっている。

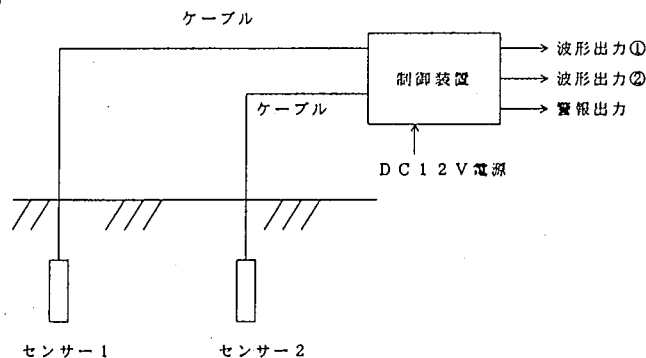


図-1 音響センサーの概念図

3. 土石流とノイズの信号特性、及びトリガーレベルの検討

音響センサーで計測された信号レベルから土石流の発生を検知するためにはトリガーレベルの設定が必要である。このため、音響センサーに入ってくる土石流以外のノイズ（平時のノイズ、自動車走行、クラクション、河床や側壁に石を落とす、音響センサーのパイプを直接叩く等）を現地において発生させて各々の信号レベルと継続時間を計測し、土石流発生時の信号と比較した。現地における観測事例から土石流発生時には0.5V以上のレベルを持つ連続した信号となっている。ノイズ信号の場合、自動車走行、クラクション、平時のノイズ信号の継続時間は連続したものになっているが、信号レベルが約0.03~0.06Vと土石流より1オーダー程低い値である。また、河床や側壁に石を落下させたり、センサーのパイプを直接叩くような場合は約0.2~2.8程度の大きな信号レベルとなるものの、逆に継続時間が約20~40m秒と非常に短い。そこで、あるレベル以上で連続するような信号をもって土石流と判断することとし、現システムでは0.5V以上のレベルが2秒以上を連続したときに土石流の発生としている。

4. 土石流検知事例

表-1に平成7年1月から6月にかけての土石流検知事例を示す。この期間のワイヤーセンサーによる土石流の発生検知は7事例であり、いずれの事例においても音響センサーとともに土石流が検知されている。

図-2に5号ダム地点における音響センサーの出力信号と水位の時系列変化を示す。5号ダム地点の音響センサーは5号ダム直上の土石流の発する地中音をとらえており、移動床土の土石流に関するデータである。図からわかるように、信号レベルは水位（規模）の上昇・下降によく対応しており、信号レベルによる土石流の規模推定の可能性があることを示している。一方、流路工の信号レベルは水位の立ち上がりに対してはよく対応しているものの、その後の水位の減少に対しては追従しておらず、信号レベルが飽和したような出力結果となっていた。このことは、流路工がコンクリートの三面張りであり、コンクリートの音の伝播性が移動床土に比べて高いことによるものと推察される。流路工と5号ダムの入力信号を比較すると流路工では5号ダムの10倍以上の信号が入力されていることがわかる。流路工ではセンサーの入力信号をさらに下げ、土石流信号を解析することにより水位との相関関係を検証できるものと考えられる。

表-1 音響センサーによる土石流検知事例
(平成7年1月から6月)

No.	土石流発生日時	音響センサー検知日時
1	1月3日22時47分	1月3日22時05分
2	3月10日1時9分	3月10日1時6分
3	4月14日7時12分	4月14日7時12分
4	5月1日13時13分	5月1日13時13分
5	6月3日14時28分	6月3日14時21分
6	6月18日5時12分	6月18日5時02分
7	6月25日12時15分	6月25日12時1分

H7.6.03. 5号ダム

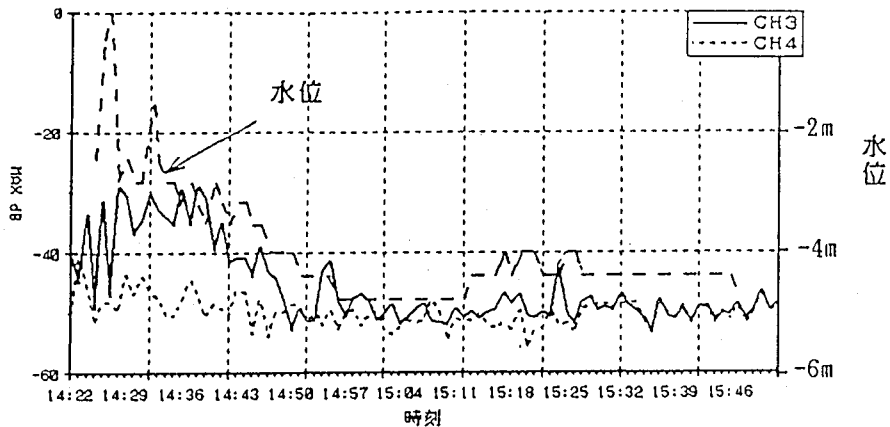


図-2 5号ダム地点における音響センサーの信号出力と水位の時系列変化

5. おわりに

本報告では、音響センサーを用いた土石流検知が可能であること、音響センサーの出力レベルを計測することにより土石流規模推定の可能性があることを示した。現在、他地域へ導入する際の留意点、及びそのための対応策について検討を行っているところである。今後、バッテリーによる音響センサーへの電力供給やテレメータによる処理等を施すことで、より上流域における土石流発生検知へと展開していきたい。