

振動データを用いた土石流の発生箇所・規模・流速の推定

雲仙・普賢岳における観測事例

西日本コンサルタント部 岡野 和行・原田 美鈴
 九州コンサルタント部 平川 泰之

はじめに

雲仙・普賢岳では、平成2年11月から平成7年5月の噴火活動により火砕流や土石流が頻発し、約1億7千万㎡もの火砕流堆積物が分布しています。現在、火山活動は終息しているものの、毎年1回程度水無川流域赤松谷川で土石流が発生し、最上流にある溶岩ドームの崩落の危険性も懸念されます。国土交通省雲仙復興事務所では、工事の安全管理や土砂管理、住民の警戒避難などを

主な目的として、水無川、中尾川、湯江川において監視カメラ、雨量計、水位・流速計、振動センサー、反射プリズムなどによる観測を実施しています。

アジア航測はこれまでに設置された振動センサーのデータを用いて、土石流発生時の振動状況を確認し、その特徴をとらえた上で、土石流の概略の発生箇所・規模・流速の推定を試みましたので紹介します。

土石流発生箇所の推定

雲仙復興事務所では、図1のとおり九州大学と気象庁の施設を含む合計14箇所の観測所の振動データが蓄積されています。

雲仙・普賢岳周辺では、人工的に発生させた振動の測定結果をもとに、同一地盤条件における最大振幅と距離の関係が推定されています。この関係を、2つの観測所で得られた振動データに適用すると、最大振幅の比から、2つの観測所から振動の発生源までの距離の比を求めることができます。2点からの距離の比が一定となる点の軌跡は円となるため、複数の観測所の組合せに同様の計算を行って得られた円が収束する場所を求めると、

発生源が求められます。

平成22年6月30日に発生した土石流では、流下に伴う振動が開始する約1分前に、複数の観測所で同時に連続振動が記録されました。崩壊などの土石流の原因となる土砂移動現象である可能性があるため、上記の方法で発生場所の推定を行いました。その結果、土石流が流下した溪流の上流付近に振動の発生源が有ることが分かりました(図2)。

このように、複数の観測所の振動データを用いると、土石流や落石の発生源が推定できることが分かりました。



図1 振動センサー観測所位置図

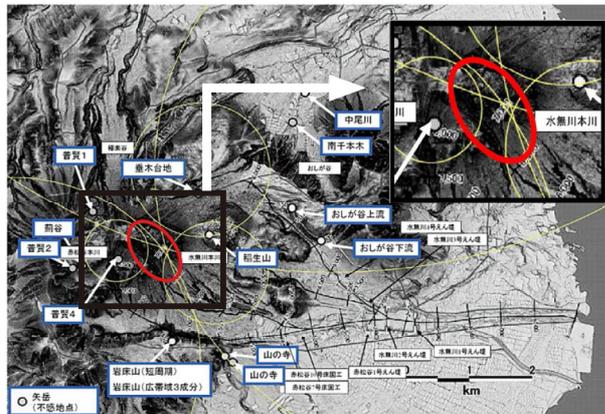


図2 土石流発生箇所の推定結果

土石流の規模の推定

土石流の最大流量と振動データの最大加速度との間には、強い相関が有ることが知られています¹⁾。そこで、監視カメラの映像からハイドログラフが得られている4つの土石流を対象に、最大流量と最大振幅の関係を解析しました。その結果、岩床山観測所の広帯域^{※1}東西成分と短周期^{※2}成分で、最大振幅と土石流の最大流量との間に高い相関関係がみられました(図3)。この結果を用いると、振動データから土石流の最大流量を推定できる可能性があります。例えば、平成23年6月20日に発生した土石流の最大流量を、岩床山広帯域の振動データから推定すると、約170m³/sとなりました。

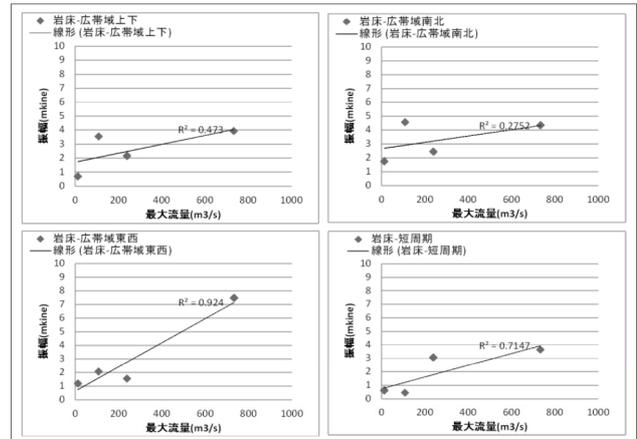


図3 岩床山観測所の広帯域東西成分と短周期成分の最大振幅と土石流の最大流量

最大振幅の時間差を利用した土石流流速の推定

土石流振動は、上流の観測点から下流の観測点に向かい、最大振幅の発生時刻が移動することから、最大振幅の発生時刻の時間差とセンサーの配置位置関係を利用して土石流流速の推定を行いました。

振動波形による土石流の流速は、以下に示す移動距離と移動時間から求めました。

移動距離：観測点から溪流に最も近い位置を「最大振動発生位置」として、各観測点の最大振動発生位置間の溪流長を、観測点間の区間距離としました。

移動時間：各観測点の最大振幅の記録時刻の差から区間時間を求めました。

その結果、監視カメラの画像解析により算出した流速と、振動データから求めた流速が概ね一致しました。

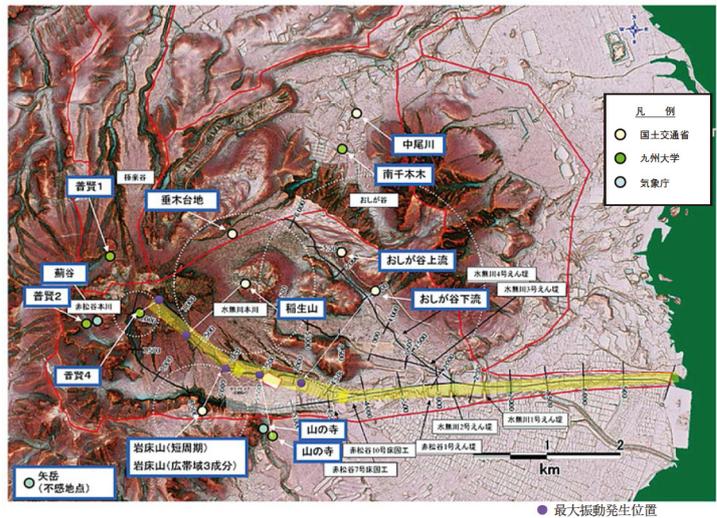


図4 各観測局の最大振動発生位置図

おわりに

本業務「平成23年度 雲仙・普賢岳土砂流出観測検討業務」での解析により、複数の観測点の振動データの振幅や波形形状、関係性などを分析することで、土石流の発生時刻や発生位置などが推定できるようになりました。また、土石流による振動と流量とは高い相関関係があり、振動から土石流流量を推定することが可能であると考えられました。

今後は、より精度の高い推定方法を検討するとともに、この結果を、工事関係者や住民の警戒避難活動に活用していくことが重要であると考えます。

本業務の遂行にあたり、雲仙復興事務所の関係各位には多大なるご指導、ご協力を頂きました。改めて御礼申し上げます。

※1 地震による地面の速い振動から、非常にゆっくりとした振動まで、広い周波数範囲にわたる地震動を記録できるのが広帯域地震計です。
 ※2 火山活動に伴って、既存の断層が動いたり新たな断層を作ったりするときに発生する、一般的な地震と同じくP波とS波が明瞭に見られる短期地震を観測できるのが短周期地震計です。

参考文献

1) 諏訪 浩・山越隆雄・佐藤一幸(1998)：地盤振動計測による土石流の規模推定，砂防学会誌，Vol.52，No.2，pp.5-13