

49 地盤振動計測による土石流の規模推定

京都大学防災研究所 ○諏訪 浩
建設省土木研究所 山越隆雄
建設省松本砂防工事事務所 佐藤一幸

土石流が発生すると流路近傍の地盤が振動する。流れの乱れと、土石流を構成する石礫が流路床と衝突したりして生じる弾性波が地盤中を伝播するからである。土石流が麓の集落を襲う前に、地盤振動を検出して警報を発し、素早い避難に役立てることができれば、人命に関わる災害の軽減につながる。すなわち、土石流に対する振動センサを開発することを主たる目的として、土石流に伴う地盤振動の観測研究が始められた。

桜島では土石流の流量と振動の振幅の増減がよく対応することが¹⁾、焼岳では振動の強度と卓越周波数の特性が明らかにされた²⁾。雲仙噴火災害に際して、土石流と火砕流による地盤振動が比較検討され、パワースペクトラムの違いなどが明らかにされた³⁾。建設省が中心になり、土石流振動センサの検討・開発が進められている⁴⁾。米国地質調査所が開発した土石流振動モニタシステムは、ピナツボ火山での観測に用いられ、土石流の平均流量と振動の平均速度の間に、相関係数が0.61の正の相関のあることなどが明らかにされた⁵⁾。

焼岳上々堀沢では、精度の高い土石流の観測を行っている。1977年からは固有周波数3Hzの強振動地震計を用いて土石流による地盤振動を計測している。土石流の流量と土石流が引き起こす地盤振動の関係を調べ、その物理的な意味を検討した結果を報告する。流量と地盤振動がともに精確に観測できた34件の土石流について、それらの流量と、地盤振動の加速度振幅の推移を検討したところ、両者の増減がおおむね対応する。流量は、土石流が測定点に到達する瞬間に現れ始めるが、振動加速度は、土石流到達の30秒ていど前から徐々に増大する。両者のピークは同時に出現する、などの点が明らかになった(図1参照)。また、ピーク流量と振動のピーク加速度の間に相関係数が0.89の強い正の相関のあることが分かった。この関係は、土石流が運ぶ最大礫が流路床と衝突する場合の、衝撃力と流量の間の密接な力学的関係を反映するものとして理解できることを指摘する(図2)。つぎに、流量の時間積分すなわち土石流の体積と、振動加速度振幅の時間積分の間には、相関係数が0.98の非常に強い正の相関のあることを示す(図3)。体積を運動量と読みかえ、加速度振幅の時間積分を、土石流と流路地盤の間に作用する力積と見なすと、弾性体の衝突においては、力積と授受される運動量とが等価であるので、この関係をアナロジーとして適用すると、両者の間に著しく強い正の相関が見られることは理にかなったことであると理解できる。

これらの結果は、振動のピーク加速度から土石流のピーク流量が、また、振動加速度振幅の時間積分で土石流の体積が推定できることを示す。焼岳上々堀沢以外の谷に発生する土石流について、同様の方法が適用可能であるかどうかを検討した。答えは、石礫型の土石流については可能であるが、泥流型の土石流では難しい、となる。後者では、地盤振動のレベルが著しく小さく、スペクトラムが異なるからである。石礫型の場合、振動記録から、ピーク流量や体積の相対値は容易に推定できる。絶対値を推定するには、現場で弾性波探査に準じた簡単な試験を行って、振動加速度と流量の間の回帰式を修正する必要がある。

引用文献 1) 奥田節夫(1977) 桜島野尻川流域に発生した土石流と地震計記録の対応: 文部省科研費「昭和51年6月豪雨による鹿児島県の土砂および土石流災害に関する調査研究報告」, 121-124; 2) 奥田節夫ほか(1979) 土石流の総合的観測 その5: 京都大防災研年報, 22B1, 157-204; 3) 諏訪 浩ほか(1992) 雲仙に発生した土石流と火砕流による地盤振動の特性: 科研費「1991年雲仙における土石流の調査研究」報告書, 40-51; 4) 山田 孝ほか(1998) 土石流災害防止のためのセンサー開発の現状と今後の課題: 砂防学会誌, 50(5), 60-64; 5) Tungol N. et al. (1997) Rainfall, acoustic flow monitor records, and observed lahars of the Sacobia River in 1992: Fire and mud, UW Press, Seattle, 1023-1032.

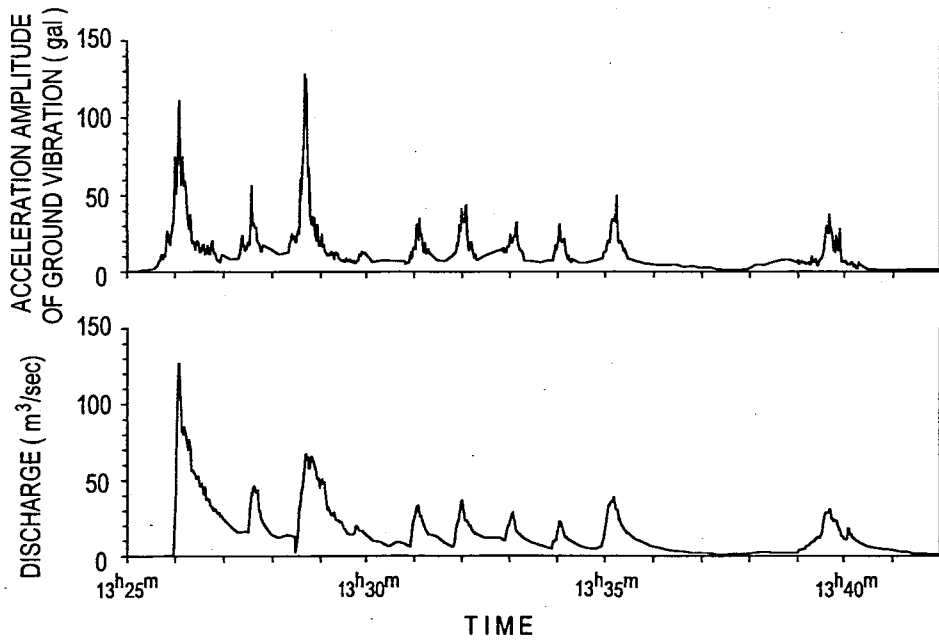


図1 焼岳上々堀沢で
1997年7月17日に
発生した土石流のハ
イドログラフと地盤
振動の加速度振幅

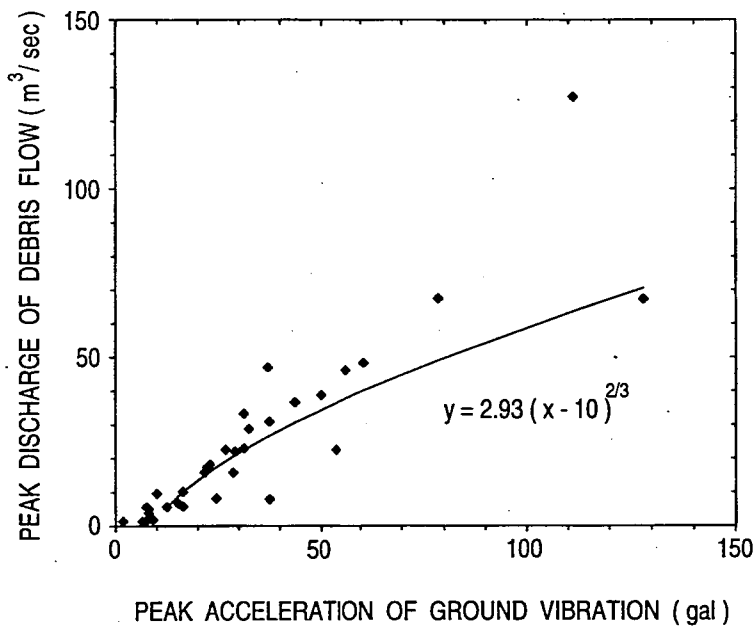


図2 土石流のピーク流量と地盤振動
のピーク加速度の関係

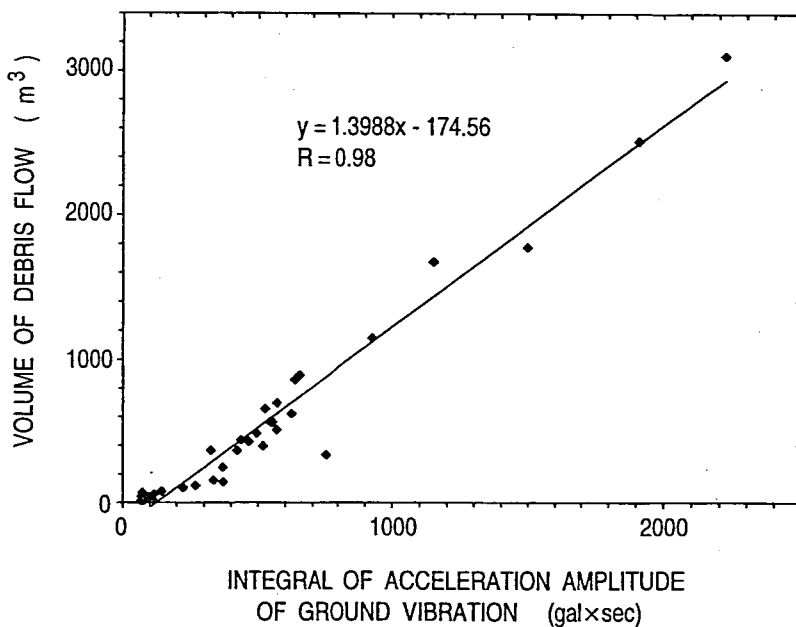


図3 土石流の流出量（体積）と、
地盤振動の加速度振幅の
時間積分との関係