

## 地震による大規模崩壊の発生に関する因子

-強震動・PGA・PGV・震動エネルギー・震度からみた要因の検討-

○林 拙郎(静岡大(客員))・川邊 洋(新潟大学名誉教授)

## 1. はじめに

地震性の被害の分析において、当初最大加速度 (PGA) を用いた方法が主であったが、その後、エネルギーや、最大速度 (PGV) に着目した分析に向かっている。斜面崩壊においても、強震動によるエネルギー (以下、震動エネルギー法) を崩壊因子とした研究がまず川邊 (2015, 2016) によって採り挙げられた。筆者らは、2017 年の防災科研研究集会における土井・川邊のコメントより、強震動の最大速度 (PGV) に着目し、計測震度が最大加速度 (PGA) と最大速度 (PGV) に強く関係することを武村 (2008) において見出した。この方法は大規模崩壊因子の主要因として計測震度の因子 (以下、震度因子法) を用いることにある。

以下では、強震動の崩壊因子に対して川邊のデータを再検討し、震動エネルギー法と震度因子法より考察したので報告する。

## 2. 震動エネルギー法と震度因子法

## 2.1 震動エネルギー法(川邊の提案法)

川邊 (2016) は、宇津 (1977) の地震波動のもつ歪みと運動エネルギーを崩壊規模の算定に適用した。

一波長の平均エネルギー  $E_1$  :

$$E_1 = (1/2)\rho(\omega A)^2 = (1/2)\rho v^2$$

$\rho$  : 土塊密度,  $\omega$  : 角周波数,  $A$  : 変位振幅

$v$  : 地表でのピーク速度 (振幅) (PGV)

一波長以外に継続時間  $td$  内の平均エネルギーを考慮すると、継続時間の波長エネルギー  $Et$  :  $Et = (1/2)\rho v^2 td$

これより、崩壊量  $V$  は次の関数となる。  $V = f_k(v^2 td)$

## 2.2 震度因子法(武村の計測震度因子による)

武村 (2008) は次のような計測震度式  $I$  を示した。  $I = \log(av) + 2$

$a$  : 地表でのピーク加速度 (振幅) (PGA)

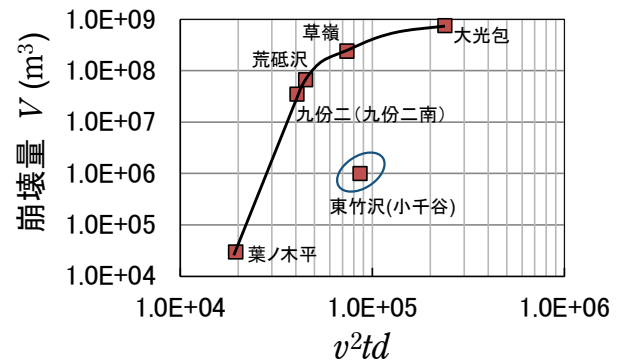
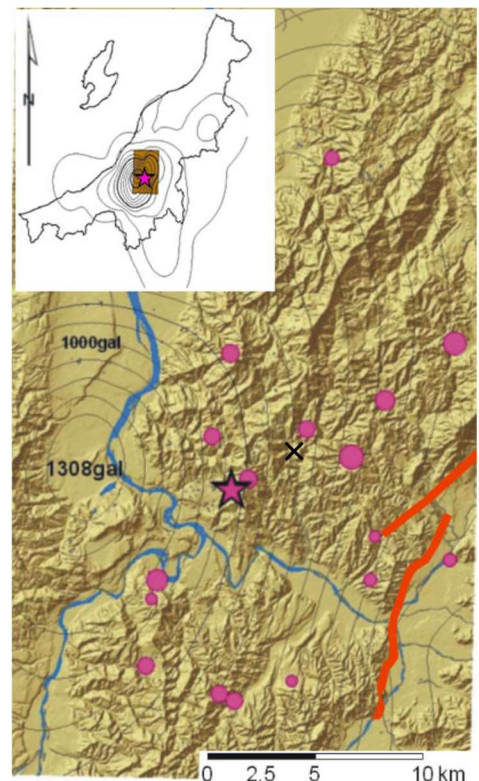
$v$  : 地表でのピーク速度 (振幅) (PGV)

上式は、周期 1~2s 以下の被害の実態に対応し、かつ気象庁の計測震度に整合しているとした。ここで、因子  $av$  は武村の震度式の主要部である。表層崩壊であれば、加速度 ( $a$  : PGA) の影響が大で、深層崩壊であれば、速度 ( $v$  : PGV) の影響が大と考えられる。ここで震度因子 ( $av$ ) の影響を拡張し、大規模崩壊に対する崩壊因子として  $a^m v^n$  を設定すると、これより、崩壊量  $V$  は次式で表される。

崩壊量  $V$  :  $V = f_h(a^m v^n)$   $m, n$  : べき数

## 3. 強震動データの推定法

図-1は、大規模崩壊の崩壊量  $V$  と振動エネルギー  $v^2 td$  の関係を示した川邊(2015)の関係図である。図中の東竹沢のデータが曲線と外れているが、これは、新潟県中越地震時の東竹沢崩壊地より少し離れた小千谷の震動データを用いたためとみられ、図-2の東竹沢崩壊地(図中の×印)の等加速曲線から推定した。加速度が求められると、周辺の値の加速度・速度データより図-3の関係が得られているの

図-1 崩壊量  $V$  と震動エネルギー  $v^2 td$  の関係図-2 新潟県中越地震の加速度分布  
×:東竹沢崩壊地, ●:余震, ★:震央

で速度が推定される。同様に継続時間  $td$  と加速度についても図-4 のような関係が認められ、強震動の継続時間  $td$  も求められる。

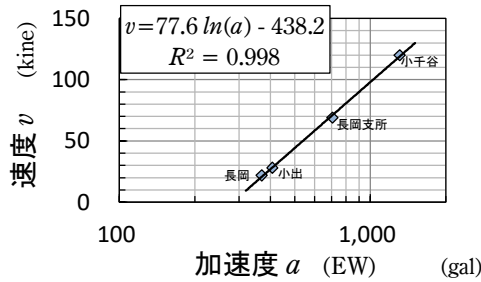


図-3 新潟県中越地震での加速度と速度の関係

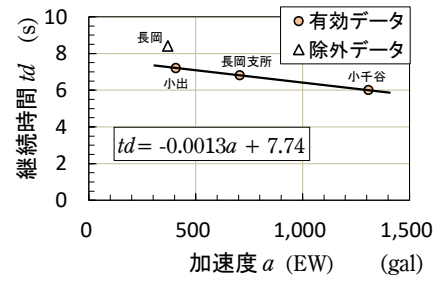


図-4 新潟県中越地震での加速度と継続時間の関係

### 3.1 東竹沢強震動推定結果

これらの推定データを用いて東竹沢を再プロットした点が図-5 の(推)東竹沢である。この点は以前より、他のデータに接近している。

この時点で求められた速度  $v$ 、加速度  $a$ 、震度因子  $av$  と崩壊量  $V$  に関する関係を示したものが図-6 である。図中の直線はそれぞれの両端を結ぶものである。この図-6 をみると、(推)東竹沢のデータは直線に接近しているが、台湾集集地震時の九份二崩壊地に対し、九份二南の地震データが大きく外れている。実際には、さらに他のデータに対しても、崩壊発生地に対し、地震計が離れすぎていたり、異常に突飛なデータがあり、それに対して、東竹沢と同様な方法で、近くの地震計から推定を行った。

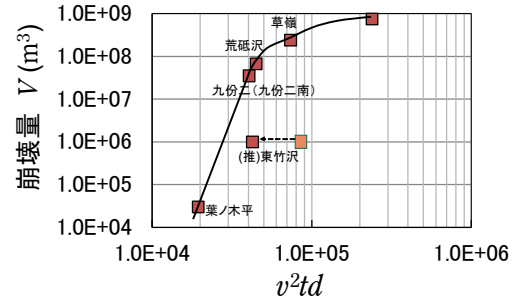


図-5 図-1 の東竹沢を推定した結果

### 3.2 崩壊地強震動の最終推定結果

こうして、大光包と草嶺を除く他のデータについて見直しを行い、推定したデータを示したものが図-7 (震動エネルギー法) の崩壊規模の上限(巨大規模)、下限(大規模)を示す図である。一方、図-8 は崩壊量に関する各震度因子  $av^n$  の関係を示したものである。結果は  $n=1/2$  が最良のようである。この関係は、震度因子の値によって大きく変化し、次の範囲にあることが、データの見直し途中でみられた。

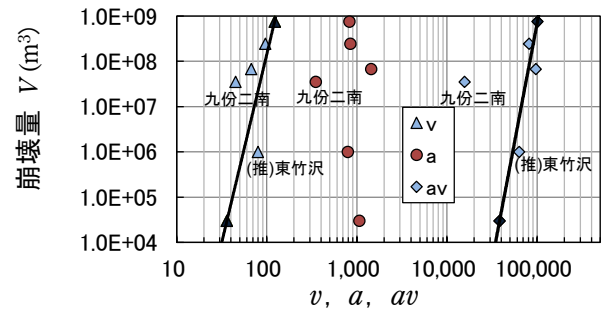


図-6 崩壊量に対する震度因子  $a, v, av$  の関係

崩壊量に関わる因子： $a^{1/3}v \sim av^{1/2}$

今回、提案した震動エネルギー法と震度因子法は、今後、地震性の大規模崩壊の解析に有効に利用されると考えられる。

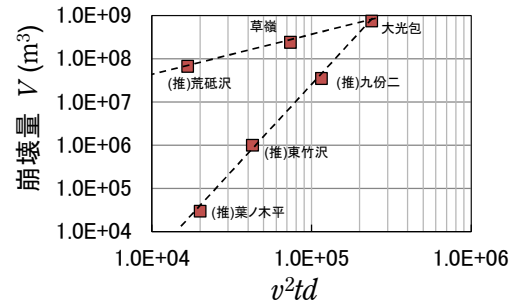


図-7 崩壊量に対する  $v^2td$  の関係

### 引用・参考文献

秦吉弥, 王功輝, 釜井俊孝, 末峯章, 野津厚(2012): 日本地すべり学会誌, 49(3), 15-24. 林拙郎(2021): 土砂災害の発生構造, 技報堂出版, 288p. 林拙郎・黒田渉・近藤観慈・川邊洋(2006): 2004年新潟県中越地震により発生した崩壊・地すべりの地形・地質特性, 平成18年度砂防学会発表会概要集, 18-19. 川邊洋(2016): 土砂災害の規模と地震特性—加速度・速度・周期, 防災研究所研究資料, 405, p.133-139. 川邊洋・林拙郎・近藤観慈・沼本晋也(2003): 砂防学会誌, 56(4), 32-39. 風間基樹・森友宏・株木宏明・松井哲志(2011): 日本地震工学会論文集, 11(5), 68-79. 武村雅之(2008): 地震と防災, 中公新書, 236p. 宇津徳治(2001): 地震学(第3版), 共立出版, 376p.

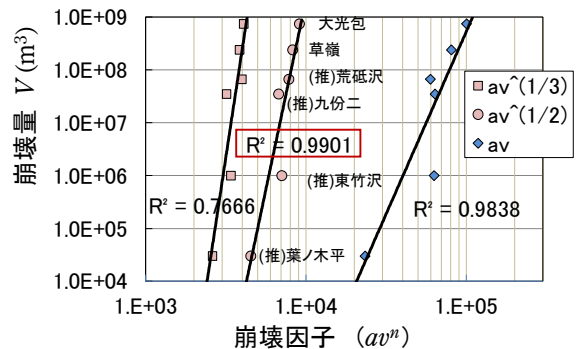


図-8 崩壊量に対する震動因子の関係