

地震性斜面崩壊の強震動因子による分析 —2007 年能登半島地震他被害の要因分析—

○林 拙郎(静岡大(客員))・川邊 洋(新潟大学名誉教授)

1. はじめに

気象庁による被害発生を重視した地震動の全体像を表す震度階級の役割は、計測震度の導入によって従来からの「地震による揺れの程度」という意味合いから、「地震動の強さ」という意味合いに移行したとされている(気象庁, 2009)。一方、地震性の斜面崩壊と強震動の因子(最大加速度 a (PGA), 最大速度 v (PGV)) についての研究は、これまであまり論じられてこなかったが、まずは、大から小までの規模をもつ斜面崩壊の発生密度などに対し、気象庁の計測震度を用いて検討する。それと共に、武村(2008)が示した計測震度の震動因子 $[a, v]$ を用い、川邊(2015)が提示した大規模崩壊全6箇所の崩壊量との対応関係を検討する。

キーワード: PGA・PGV・震度階級・計測震度・大規模崩壊

2. 震度階級と崩壊密度の関係を気象庁の計測震度から検討

伊藤ら(2009)は、近年発生した3つの地震における各震度階級に対し崩壊密度を求めており、有用な2箇所の調査地に対し両者の関係を検討する。

2.1 近年発生地震2箇所の検討

2007 年能登半島地震に対する震度階級と崩壊密度 S_d に対し、伊藤ら(2009)は図—1のような調査結果を得ている。この調査結果より震度階級を気象庁計測震度 I に変換すると図—2(a)のような結果が得られる。

2004 年新潟県中越地震に対し、伊藤ら(2009)は図—1と同様の結果を得ており、この地震に対する震度階級と崩壊密度に対し、震度階級を計測震度 I に変換すると図—2(b)の結果を得る。

2.2 計測震度 I と崩壊密度 S_d の関係式

図—2 より得られる $S_d \sim I$ の関係式:

$$S_d = ke^{bI}, \quad k: \text{乗定数} \quad (1)$$

$$b = 2.3 \sim 2.4 \quad (R^2 = 0.86 \sim 0.99)$$

3. 武村の計測震度式

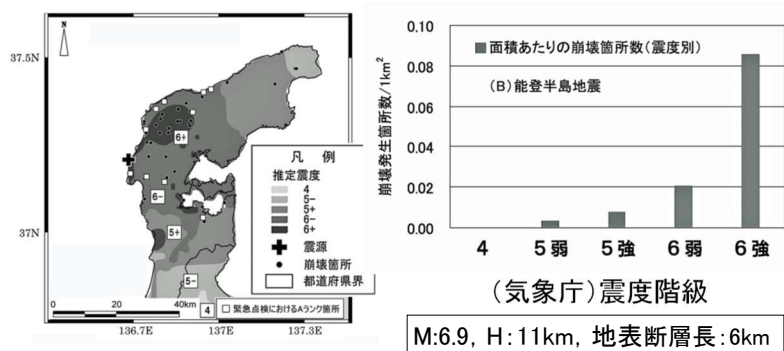
武村(2008)は I に対する河角の PGA 式と村松の PGV 式を用いて次の計測震度式 I_T を示した。

$$I_T = \log(av) + 2 \quad (2)$$

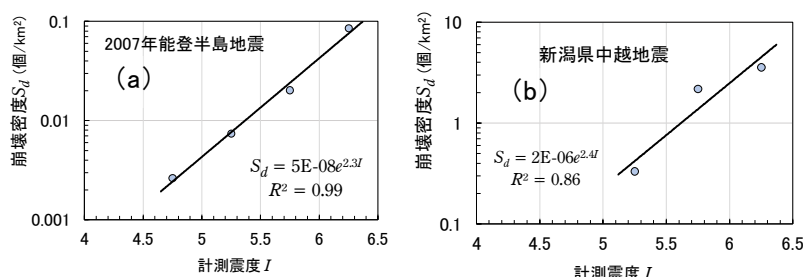
a : 地表での最大加速度 (PGA)

v : 地表での最大速度 (PGV)

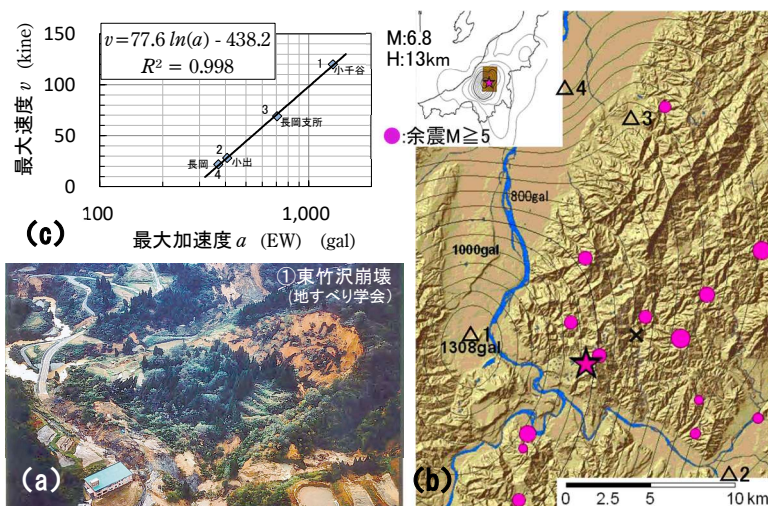
上式は、周期 1~2s 以下の被害の実態に対応し、かつ、気象庁計測震度 I に整合しており、 $I = I_T$ である。表層崩壊であれば、PGA (a) の影響が大で、深層崩壊であれば、PGV (v)



図—1 2007 年能登半島地震の崩壊と震度階級(伊藤ら(2009)より)



図—2 計測震度 I と崩壊密度 S_d との関係



図—3 新潟県中越地震の大規模崩壊(a)と△: K-NET, EW 地震動((b),(c))

の影響が大と考えられる。ここで震動因子 (av) の影響を拡張し、大規模崩壊に対する崩壊因子として av^n を設定すると、崩壊量 V は次式で表される。

$$\text{崩壊量 } V: V=f(av^n) \quad n: \text{べき数} \quad (3)$$

3.1 大規模崩壊の崩壊名と地震

川邊(2015)による大規模崩壊全6箇所は次のとおり。

- ①東竹沢崩壊： 2004年新潟県中越地震(図-3)
- 図-3(b)は等加速度曲線で、 $\times$ が東竹沢崩壊地、これよりPGAを取得、同図(c)よりPGVを取得。
- ②草嶺崩壊： 1999年台湾集集地震(図-4, M7.7)
- ③九份二崩壊： 1999年台湾集集地震(図-5, M)
- ④大光包崩壊： 2008年中国四川地震(図-6, M8.0)
- ⑤荒砥沢崩壊： 2008年岩手宮城内陸地震(M7.2)
- ⑥葉の木平崩壊： 2011年東北地方太平洋沖(M9.0)

3.2 大規模崩壊量 V と震動因子 $[av^n]$ の検討結果

国内3箇所、海外3箇所の大規模崩壊の崩壊量 V と水平方向の震動因子(av^n)の関係(図-7)より、次の結果が得られる。

$$V=k_V(av^n)^m, \quad k_V: \text{乗定数}, \quad m: \text{べき係数} \quad (4)$$

$$n=1/2: R^2=0.990, \quad n=1: R^2=0.983$$

4. 考察および結語

4.1 考察：伊藤ら(2009)の崩壊密度と震度階級の結果から、崩壊密度と計測震度との関係を示した。その結果を武村の震動因子を用いて分析すると次のようになる。

計測震度 I と崩壊密度 S_d の関係式：

$$S_d=ke^{bI}, \quad b=2.3\sim 2.4 \quad (R^2=0.86\sim 0.99) \quad (5)$$

武村(2008)の計測震度式：

$$I_T=\log[av]+2, \quad e^{I_T}=e^2[av] \quad (6)$$

また、 $I=I_T$ より、崩壊密度 S_d 式(5)に上式を代入すると

$$S_d=ke^{bI}=ke^{2b} [av]^b=k_s[av]^b \quad (7)$$

k_s : 乗定数, b : 式(5)のべき係数

大規模崩壊量 V は、武村の震動因子 (av) を拡張して

$$V=k_V[av^n]^m, \quad k_V: \text{乗定数}, \quad m: \text{べき係数} \quad (8)$$

$$n=1/2, 1 \quad (R^2=0.99, 0.98)$$

4.2 結語：強震動の震動因子 $[av^n]$ の分析より、崩壊密度や大規模崩壊との関係は $n=1\sim 1/2$ の範囲にある。両者を比較することは、別々の現象とみれば、あまり意味のないように見えるが、類似しており、結果的に強震動の震動因子 $[a, v]$ は、地震性崩壊の崩壊量や密度などの分析に重要な役割を果たすものとみることができる。

引用・参考文献 林拙郎ら(2006):平成18年度砂防学会発表会概要集, 18-19. 川邊洋(2015):地すべり学会誌, 52(2), 67-73. 林拙郎・川邊洋(2022):防災科学技術研究所研究資料, No.480, 97-108. 伊藤英之・小山内信智・西本晴男・臼杵伸浩・佐口治(2009):砂防学会誌, 61(59), 46-51. 気象庁(2009):震度の活用と震度階級の変遷等に関する参考資料(I, II), 気象庁, 1-15, 1-37. 林拙郎(2021):土砂災害の発生構造, 技報堂出版, 276p. 武村雅之(2008):地震と防災, 中公新書, 236p. 宇津徳治(2001):地震学, 共立出版, 376p.



図-4 台湾集集地震にて発生した草嶺崩壊



図-5 台湾集集地震にて発生した九份二崩壊



図-6 中国四川地震にて発生した大光包崩壊

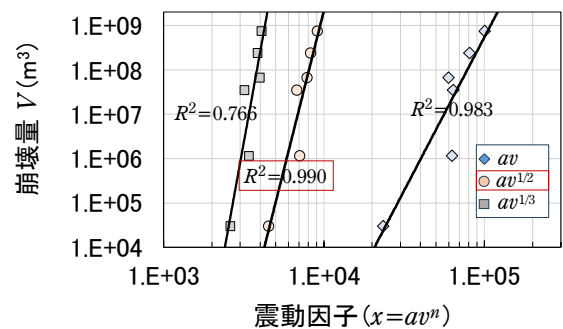


図-7 崩壊量に対する震動因子の関係