

# 确定泥石流灾害警戒避难的基准雨量

(日)岩元贤 原田民司郎 平野宗夫(著)

## 提 要

该文研究了如何确定泥石流灾害警戒、避难的基准雨量问题。通过台地和坡地的泥石流发生条件的研究,表明:泥石流发生的极限雨量可用达到时间内的累积雨量来描述,并以日本西部的泥石流实际观察资料给予验证。

为了更有效地发挥泥石流警戒和避难基准雨量的作用,必须让当地居民相信它。泥石流的发生是不可忽视的,这样就得降低雨量基准,导致高频度的警戒,这样不实际的警戒使得居民对泥石流警戒失去信任,妨碍了警戒的有效性。因此在确定雨量基准时,必须考虑可能的预警次数。

该文用三角网法在长崎市地区确定泥石流灾害警戒和避难的基准雨量。分析了过去69年的雨量和泥石流资料,发现集流时间为3h,雨量最低极限为130mm/3h,周期11.5年,避难基准雨量应小于该值,考虑到避难的允许频率,避难基准雨量确定在110mm/3h,周期为6.4年,可能的泥石流灾害警戒频率应小于避难频率的一半,因此建议警戒频率为80mm/3h。

关键词: 泥石流 灾害 警戒 避难 基准雨量

## 一、前 言

日本国的地形陡峭,全国有潜在泥石流的沟道超过70 000条。日本平均降雨量是世界平均降雨量的2倍,约为1 800mm,且大部分雨量集中在梅雨季节和台风期,因此全国每年总有若干个地区发生泥石流、山崩等灾害。

虽说地形、地质、气象条件等是灾害发生的自然因子。但人类的国土开发,后来连有泥沙灾害的区域也不放过,这便是诱发灾害而不容忽视的社会原因。更有甚者,在积雪地带和火山区域内开发娱乐场所,这恐怕存在有因融雪、地震及火山喷发而导致发生新的山地灾害之忧。可以认为,今后的受灾情况越来越多样化。为了防止此类山地灾害的发生或减轻受灾程度,有必要预测泥沙的崩溃、流动和堆积现象。

作为山地灾害的预测,可根据统计灾害发生的方法和土力学、水文学的方法,进行解析研究,但因与灾害相关的因素十分复杂,目前精度还不能令人满意。

本文所要讨论的是,达到发生泥石流界限的时间以及该时间内降雨量的预测方法,同时试图考虑灾害发生的频度及准确率,以确定警戒和避难的基准雨量的方法。

## 二、泥石流发生的降雨界限

关于因暴雨而产生泥石流的降雨界限的确定,有若干种方法。大致可分为经验性方法,水文学以及土力学—水文学的方法。

经验性方法。多数情况要利用前期雨量和灾害发生前雨量。在降雨波形复杂的情况下,累计雨量的起始选在哪一时刻,因指标不明确,拐点也难以判定。实际运用上亦有困难。而且即使知道土质常数和斜面特性,也不能反映出上述问题。

水文学方法。使用模型水槽,当模型水槽的第一段和第二段的水深超过某一数值时,虽然意味着将发生泥石流,但没有引入土质常数和斜面特性;加之参数多,为了取得相同的常数值,不得不使用位于河川下游的某一流量观测点的流量,这是有困难的。

土力学—水文学方法。当坡面地下水位超过某一数值时,力的平衡被破坏,将发生坡面崩塌。但是在现场测定公式中的参数,其精度难以保障,有一个预测精度的界限。例如渗透系数多是重要的参数,但为了测定该值,至少必须有数倍误差的思想准备。然而含有数倍误差的灾害发生的降雨临界值,是不能作为预测灾害的基准雨量值的,其它参数同理。因此,只根据现场的土力学、水文学调查资料,就予以确定,目前尚十分困难。

收集试验点上历年的降雨资料,藉以提供可利用的资料。例如某时期的降雨量没有发生泥石流的话,就可以认为,小于该雨量值的降雨,发生灾害的机率就小;反之发生灾害的机率就大。从而收集、解析历年来的降雨资料,便能推断出发生灾害的降雨区间值。本文据此而探讨之,并以近年来发生泥石流的四个地区进行验证。

#### (一)发生泥石流的机制

虽可以举出作为一般发生泥石流的若干因素,但这里所考虑的是在山腰和河谷堆积的土砂,因暴雨而移动,并形成泥石流的机制。

1. 河谷发生泥石流的界限。高桥先生给出在水深  $h_0$  下,水推移堆积物的条件,如下式:

$$\tan\theta \geq \frac{C_s(\sigma-\rho)\tan\varphi}{C_s(\sigma-\rho) + \rho(1 + h_0/d)} \quad (1)$$

式中:  $C_s$  为堆积层中的固体比例;  $\sigma$  和  $\rho$  是土石及水的密度;

$g$  是重力加速度;  $\theta$  是斜面坡度;  $\varphi$  是内摩擦角。

若  $h_0/d=1.4$ ;  $C_s=0.7$ ;  $\tan\varphi=0.8$ ;  $\sigma/\rho=2.6$  代入(1)式,得  $\theta \geq 14.3^\circ$ , 这和泥石流发生在坡度为  $14^\circ$  以上的实际情况相吻合。在没有径流的情况下,将  $h_0=0$  及上述数值代入(1)式,得  $\theta \geq 22.9^\circ$ , 在此范围内,地下水到达地表前就可发生泥石流。

芦田等人在  $h_0=d/k$  发生泥石流时,用流量  $Q$  和水深  $h_0$  的关系

$$Q = Bh_0 \sqrt{8fgh_0 \sin\theta} \quad (2)$$

峰流量  $Q_p$  ( $m^3/s$ ) 的关系式

$$Q_p = C_{rT} A / 3.6 \quad (3)$$

及河宽  $B$  和流量  $Q$  的函数式

$$B = 5 \sqrt{Q} \quad (4)$$

得到发生泥石流界限的流域面积  $A_c$  关系式

$$A_c \geq 720d^3fk^3g\sin\theta/r_e \quad (5)$$

式中:  $f$  为摩擦损失系数;  $g$  是重力加速度 ( $m/s^2$ );

$r_T$  是到达时间  $T$  内的平均降雨强度 ( $mm/hr$ );  $r_e$  是有效降雨强度。

上式已被小豆岛的泥石流所验证。

以流出系数  $C$  表示有效降雨强度;  $r$  为降雨强度;

$r_T$  为到达时间  $T$  内的平均降雨强度 ( $mm/hr$ );  $A$  为流域面积。

代入(5)式,临界降雨条件可由下式给出:

$$\int_0^T r dt / T \geq 720 d^3 f k^3 g \sin \theta / CA \quad (6)$$

表达式左边是到达时间内的降雨强度,右边是河流某地的常数值。

2. 在山腰发生泥沙流动的界限。按室内进行的人工降雨产生泥石流的试验,在坡度  $\theta \geq 15^\circ$  的情况下,泥石流一般与径流同时发生。而在  $\theta \geq 23^\circ$  时,坡面由于降雨达到了饱和,直至径流出现,泥沙运动却不发生。从而不妨认为在斜面上,径流的发生是泥沙发生运动的界限。进而推测渗透流的水深超出某一界限值  $H_c$  时,将产生泥石流。

坡面上地下水的连续和运动方程分别表述如下:

$$\lambda \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(vh)}{2x} = r \cos \theta \quad (7)$$

及

$$v = k \sin \theta \quad (8)$$

式中:  $\lambda$  为空隙比;  $h$  是水深;  $v$  是流速;  $k$  是渗透系数。将(7)、(8)式用特征曲线解之,得:

$$x = k t \sin \theta / \lambda \quad (9)$$

及

$$\int_0^t \cos \theta dt = \lambda h \quad (10)$$

在长度为  $l$  的斜面下端,地下水的水深为  $H_c$  时,发生泥石流的条件据(9)、(10)式:

$$l \geq k T \sin \theta / \lambda \quad (11)$$

及

$$\int_0^T r dt \geq \lambda H_c / \cos \theta \quad (12)$$

式中:  $T$  为到达时间。归纳(11)和(12)式,得到:

$$\int_0^T r dt / T \geq H_c k \tan \theta / l \quad (13)$$

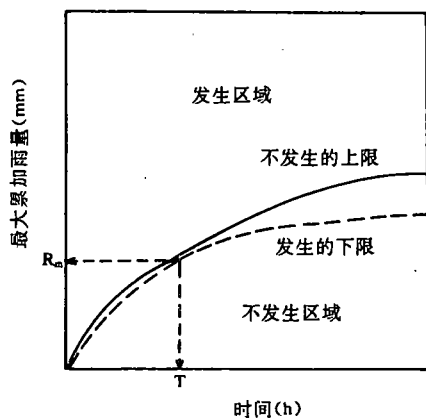
(13)式右边仅为与斜面相关的项,左边为到达时间内的平均雨强。因此,在一定斜面上,到达时间内的雨强超出某一值时,就会发生泥石流。

## (二)灾害到达时间和发生的降雨界限

据上所述,斜面及沟道发生泥石流的降雨界限可用(6)、(13)式表示,两式的左边相同。即不论斜面、沟道,到达时间内的雨强若超出该地所固有的某一值时,将产生泥沙运动。因此,为预测某地的泥沙灾害,有必要给出该地降雨强度的界限值和流出的到达时间  $T$ 。

平野先生等人在泥石流多发区的樱岛,用下式推算出降雨界限和到达时间。首先由一系列的降雨  $r(t)$  数据,用(14)式求得被定义为  $\tau$  时间的累加降雨  $R(t, \tau)$ 。

$$R(t, \tau) = \int_{t-\tau}^t r dt / \tau \quad (14)$$



附图 泥石流不发生的上限与发生的下限示意图

发生了泥石流的场合,是以该发生时刻前的降雨为对象;不发生泥石流,则是以降雨结束为对象。

下面以

$$R_m(\tau) = \max\{R(t, \tau)\} \quad (15)$$

求得不同时刻  $R(t, \tau)$  中的最大值  $R_m$ 。以  $R_m(\tau)$  和  $\tau$  的函数关系作一图表,便可以刻画出泥石流发生的下限与不发生的上限包迹线。若数据足够多,如图所示,上限和下限的包迹线在某点重合。该点  $\tau$  值就是到达时间  $t$ 、 $R_m$  值,亦降雨量的界限值。平野先生等人,在樱岛长谷川取上限与下限包迹线相距最近的点,推定到达时间  $T$  为 40min,累加雨量为 7~13mm。

(冯秉琦译自 1990 年新砂防 vol. 43No. 3. 张学栋校)

## 启 事

本刊关于评选优秀论文的工作,因故时间推后。敬请广大读者、作者和编委谅解。

《水土保持通报》编辑部