

70 斜面崩壊発生時期の予測法

三重大生物資源 林 拙郎、日本工管 長谷川安成

1. はじめに

斜面崩壊の予知は、昭和60年の地附山の崩壊以後強く求められるようになってきた。崩壊予知は、災害を防止するということが重要であるが、これが実用化段階に入ると、法面カット等に伴う崩壊の処理に関しても、落下時間を予測して、全体計画に組み込むというようなことが可能となるものと考えられ、そのような話も最近聞かれるようになってきた。

一方、筆者等は数年前より、室内の崩壊実験と現実の崩壊事例より $v \sim l$ phase 上でクリープ解析を行い、新しい第三次クリープ式を提案している。ここに、 v は移動速度であり、 l は移動量である。今回は、筆者等が提案している第三次クリープ式に基づいて崩壊予測を行うのであるが、土屋・大村が用いた最小自乗法を筆者等のクリープ式に適用して予測を行い、この他の提案されている各方法（斉藤式、土屋・大村式、川村式）との比較を行った。

2. 予測式と差分化

斉藤式の予測法は、これまで三点法や精密予測法による予測が主であった。土屋・大村は、斉藤の基本式を直接差分化し、これに最小自乗法を適用して比較的精度よく予測する方法を示した。

ここでも、まず土屋・大村による次の最小自乗公式を用いる。

$$Y_i = \alpha - \beta X_i \dots\dots (1), \quad \beta = \frac{\sum X_i Y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum X_i^2 - n \bar{X}^2} \dots\dots (2), \quad \alpha = \bar{Y} - \beta \bar{X} \dots\dots (3)$$

例えば、 $dl/dt = A(t_r - t)^{-1}$ で表わされる斉藤式の場合、 t に中央値 $(t_i + t_{i-1})/2$ を用いれば、二つ目のデータから崩壊時間 t_r が予測でき、 $i+1$ 個目までのいわば平均化された t_r が予測されることになる。

さて、筆者等の関係式は次のようになっている。

$$\text{基礎式: } dv/dt = av + bv^2 \dots\dots (5)$$

$$v = \frac{ac \exp(a(t-t_0))}{b \{1 - c \exp(a(t-t_0))\}} \dots\dots (6)$$

$$c = bv_0 / (a + bv_0), \quad v_0: \text{初期速度} \dots\dots (7)$$

一方、 $v = \infty$ のとき $t = t_r$ より、

$$\frac{dl}{dt} = \frac{a/b}{\exp(a(t_r - t)) - 1} \dots\dots (8)$$

上式で、 a が微小であるとする

$$\begin{aligned} \exp(a(t_r - t)) - 1 &= 1 + a(t_r - t) + \dots - 1 \\ &= a(t_r - t) \end{aligned} \quad (9)$$

となり、(8)式に代入すると先の斉藤式に一致する。

さて、上の(8)式は a/b の値が既知であるとす

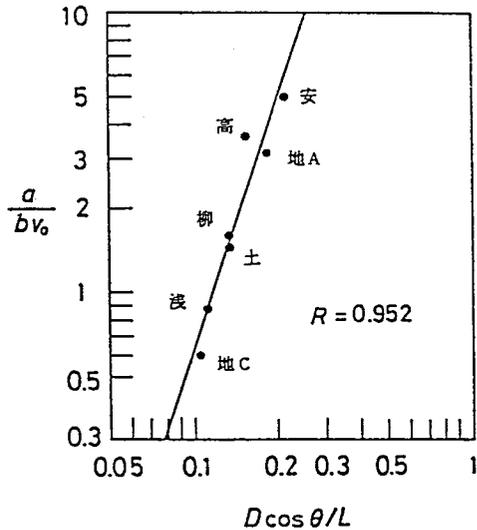


図-1 形状因子 $D \cos \theta / L$ と $a / (b v_0)$

ると先の最小自乗法によって t_r を推定することができる。 $d l = \Delta l$ とし、(8)式を差分式に書き直すと

$$\ln \left(\frac{a}{b} \frac{t_i - t_{i-1}}{\Delta l} + 1 \right) = a t_r - a \left(\frac{t_i + t_{i-1}}{2} \right) \dots\dots (10)$$

となる。最小自乗法のあてはめ結果より

$$\alpha = a t_r, \beta = a, t_r = \alpha / \beta \dots\dots (11)$$

を得る。

3. 未知係数 a/b の推定と結果

崩壊形状を示す $D \cos \theta / L$ と $a / (b v_0)$ の関係は以前の結果より図-1のように示される。ここに、 D : 崩壊の厚さ、 L : 斜面水平長、 θ : 斜面の傾斜角である。この因子をSFと呼ぶ。また、クリープ因子(CF)

$$C_r = \sqrt{g D \cos \theta} / v_0 (=CF)$$

と $a / (b v_0)$ の関係も同様の関係がある。

以上のようにして予測される結果を土屋・大村によって定義された次の E_r

$$E_r = (t_r - t_{r0}) / t_{r0}$$

で以下の予測結果を整理した。ここに、 t_{r0} : 実際の崩壊時間である。

図-2は、安居山の例である。 E_r の値は、形状因子(SF)、理想値、クリープ因子(CF)の順に小さくなり、 a/b 値は、6.65、6.62、4.47である。(9)式でも示したように、 a が小となると最後は齊藤式に一致する。図-2を見る限り、適切な a/b を用いると早い時点で t_r の予測が可能である。同図には土屋・大村式の他に川村式の結果も示した。土屋・大村式は齊藤式とほぼ一致する。

参考文献

- (1)土屋・大村：地すべり、26(1)、1-8、1989
- (2)齊藤迪孝：鉄研報告、No.626、1-53、1968
- (3)林拙郎他：砂防学会概要集、193-196、1989
- (4)林拙郎他：地すべり、24(4)、11-18、1988
- (5)川村他：19回土質会発表会、1263-1264、1984

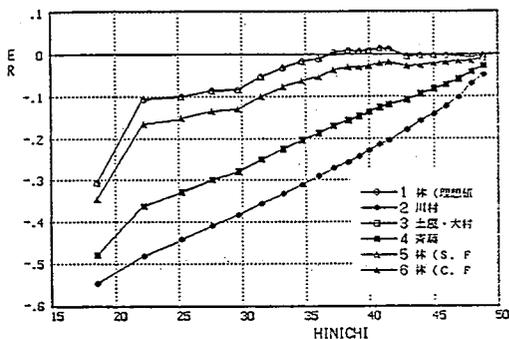


図-2 安居山の予測結果

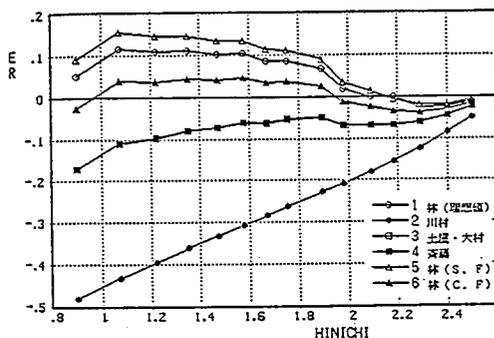


図-3 土賛線一部崩壊の予測結果

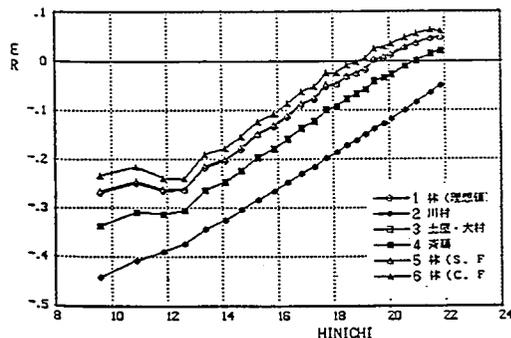


図-4 浅虫の崩壊予測結果