

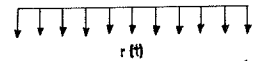
山地崩壊発生危険度の確率的評価に関する研究(Ⅱ)

一流域としての危険度評価一

愛媛大 農の小川 滋 新田 隆 若林知久

1. まえがき

山腹斜面の崩壊に関する要因として、種々の要因が考えられるが、それらの要因は互いに複雑に関連して崩壊が発生するものと考えられる。これらの要因の把握の方法は、一般的に、統計的手法、あるいは、力学的手法をもちいてなされているが、前者では、その普遍性、後者では、現地との対応に隘路があり、要因の評価が正確にふたはかれていない。そこで、ここでは、一般性をもった発生モデルを与え、そのモデルの要因について、現地との対応関係を確率的に評価することによって、崩壊発生を確率的に評価する。



2. 斜面崩壊発生モデル

斜面崩壊の発生モデルとして、図-1に示すように、雨水の浸透流により表層土層が飽和することによって、崩壊が発生するモデルを与えよう。他に土質力学的な要因も考えられるが、表層土層の飽和条件が最も主要な条件であると考えることが出来る。このモデルの要因となるのは、降雨量 $(r(t))$ 、表層土層厚 (h) 、斜面傾斜角 (θ) 、斜面長 (L) および、浸透流の運動を規定する透水係数 (k) とである。

3. 現地の山林地のモデル化

斜面崩壊発生モデルの要因について、現実の山地との対応関係をつけるために、山地をつぎのようにモデル化する。斜面傾斜角については、実際的にも、また、地形図等をもとにしても計測が容易であるので、実際の斜面形を与えることが出来る。つぎに、最も重要な要因となる表層土層厚については、斜面勾配によって、平均的には、土層厚が変化すると考えることが出来るので、斜面傾斜角との関数関係を仮定することが出来る。しかしながら、この表層土層厚は、現地では、バラツキを示し、この不規則な変化を確率分布として考慮することにする。さらに、斜面長 (L) については、流域における斜面長分布が経験的に正規分布するとして与えることが出来る。これらの要因を組合せるとことによって崩壊発生条件に対して確率的に評価することが出来る。また、雨水流出モデルとしては、山地における表層土層厚の深さ方向における透水係数の変化を考慮した"water-path"モデルをもちいると、斜面傾斜角の効果も評価できるとなる。

4. モデル定数等の設定と計測

a) 斜面長 (L) 、斜面傾斜角 (θ) の計測：対象流域の下流端より上流に等距離に計測地点を定め、その計測点より、左右両岸の斜面について等高線間の距離 (l_i) を分水界まで計測し、図-2に示すように、区画斜面長 (l_{0i}) 、区画斜面傾斜角 (θ_i) を求める。また、斜面長 (L) は、 l_{0i} の合計として求めるが、その流域における分布形を求め、平均値、標準偏差を算定することが出来る。

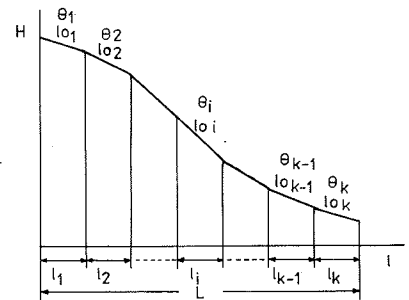


図-2 斜面傾斜図

b). 表層土層厚 (ϕ_{si}): 斜面傾斜角による土層厚の変化として, 0° で $a_{(m)} a$, 60° で $0(m)$ とした (1) 式の関数関係を仮定する。(図-3 に示す。)

$\phi_{si} = a(2 \cos \theta_i - 1)$ — (1) — である。 ϕ_{si} : 正傾斜面 θ_i の土層厚
つまり, ϕ_{si} の予規則変化に対して, a を確率変数として与えることにし, a の確率密度関数を $g(a)$ とする。

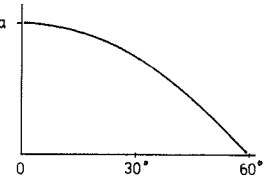


図-3 斜面傾斜角- a の関数関係

5. 崩壊発生土層厚 (ϕ_p) の算定

図-1 に示すように, 雨水による浸透流の水深 h を連続の式 (2), および, 運動の式 (3) をもちいて算定する。すなわち,

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = \gamma(t) - (2), \quad h_* = K q^p - (3)$$

$K = (\beta \sin \theta_i)^p$, $p = 1/m + 1$ である。 h_* : 有初水深, q : 単位幅流量, β : m 定数である。この計算方法は, 特性曲線法をもちいるが, 図-4 に示すように, 各斜面区間の下流端における水深を逐次計算してゆくことになる。そこで与えられた各斜面区間の水深のうち, その最大値が飽和水深であり, 最大水深が崩壊発生の最大土層厚 (ϕ_c) となる。そこで, 崩壊発生に必要な限界の土層厚を b_c とすると, 崩壊発生の土層厚の範囲 ϕ_p は, (4) 式で示すことができる。

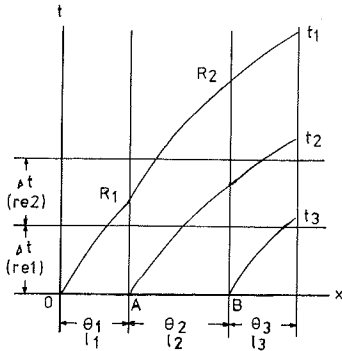


図-4 斜面区間での水深の計算

$$b_c \leq \phi_p \leq \phi_c \quad - (4) \quad \text{ただし} \quad \phi_c \equiv h_{*max} / e_c \quad e_c: \text{有初空隙率}$$

6. 崩壊発生確率の算定

各斜面区間に与える崩壊発生確率 $Pr(WL_i)$ は, 表層土層厚の確率分布における ϕ_p の範囲と考えることができる。すなわち, (5) 式のように与えることができる。

$$Pr(WL_i) = \int_{b_c}^{\phi_c} \phi_{si} d\phi_{si} = \int_{a_1}^{a_2} g(a) da \quad - (5)$$

$$a_1 = b_c / 2 \cos \theta_i - 1, \quad a_2 = \phi_c / 2 \cos \theta_i - 1 \quad (\text{図-5 に示す})$$

さらに, 斜面全体に対しては, ある斜面区間で崩壊が発生すれば, 他の区間は安定化すると考えれば, 最大発生確率を求めよることができる。すなわち, 斜面崩壊発生確率 $Pr(WL_i)$ は,

$$Pr(WL_i) = \max [Pr(WL_i)] \quad - (6) \quad \text{となる。}$$

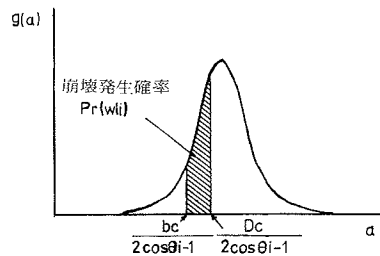


図-5 斜面での崩壊発生確率

つまり, 流域全体に対する発生確率 P_W は, 図-6 に示すように, 一斜面の発生確率 ($Pr(L_i)$) を考えることにより, 各斜面の崩壊発生確率との積を合計して求めることができる。

$$P_W = \sum \{Pr(L_i) \cdot Pr(WL_i)\} \quad - (7)$$

そこで, $Pr(L_i) = \int_{L_{i-1}}^{L_i} f(L) dL$, $f(L)$: 斜面の確率密度関数で, 経験的には, 正規分布である。

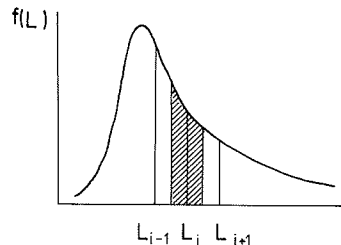


図-6 斜面長の分布と発生確率

7. 適用,

愛媛県の花崗岩マサ土地帯における発生確率の算定として, $K = 6.1$, $p = 0.54$ をもち, S.50 年台風 17 号の設計豪雨ハイエトグラフをもち, $g(a)$ を平均値 1, 標準偏差 1 の正規分布として与え, $f(L)$ は, 計測によって平均値, 標準偏差を算定して, 計算した結果は, 12 年毎の値を与えた。