

土石流発生危険度の判定方法について(II)

愛媛大 農 〇小川 滋, 新垣 隆

1 まえがき

土石流発生の予測として、現地調査をもととした発生モデルと、それによる危険降雨強度の算定法が著者らによって与えられたが⁽¹⁾、今回は、地質的地形的要因と降雨要因を組合せて考え、現地調査等によって得られた特性値をもとに、危険度を判定する方法について一つの試案をのべることにする。

2. 発生危険度の考え方

ある対象流域における土石流の発生は、山腹崩壊、1次谷崩壊に起因するものが大部分を占めており、さらに、それらの全てが土石流化するものではなく、地形的地質的要因により、土石流化が異なるものと考えられる。そこで、この土石流へ関連する発生率と発生個数が、一つの危険度を判定する指標となるであろう。山腹崩壊に関しては、山腹斜面における表層土層の飽和が、崩壊の条件と考えられることから、その飽和に要する累加雨量を指標として考えよう。また、1次谷があるいは、高次の谷における土石流の発生は、前報⁽²⁾で示したように、発生地帯における不安定堆積土砂の水理学的要因と流域の地形条件によって、危険降雨強度を算定することができ、これを指標とすることが出来る。渠床勾配は、土石流発生に対して、地質的地形的に最頻勾配をもつと考えられるので、これも指標と考える。すなわち、土石流発生個数、山腹崩壊、渠床における不安定土砂の流動化に関する特性値、および渠床勾配をもちいることにより、それらの最大危険度を与える特性値との比を危険度と考えることにする。なお、地形図は、5000分の1を基本としている。

3. 土石流発生個数

崩壊にともなう土石流の発生として、一定誘因強度を考えると、最も土石流の発生しやすい素因条件の Ω で最大値をもつはず⁽³⁾であり、これを最大土石流発生数と考えると、流域面積を F_{Ω} 、単位面積あたり最大崩壊地数を N_{max} 、土石流最大発生率を d_{max} として、 $F_{\Omega} \cdot N_{max} \cdot d_{max}$ で与えることにする。素因のうち、最も大きく影響するのは、地質であると考えられるから、地質正分によって、 N_{max} 、 d_{max} を与え、他の地形、土壌等の素因条件による差が実際の土石流発生数として現われてくるものと考えよう。そこで、水系的に整理すると、1次谷流域での崩壊による土石流の発生率は、高次の谷に対して高くなることから、 Ω 次流域における発生率 d_{Ω} が水系網と関連で与えられる。さらに、実際の流域における Ω 次流域の崩壊数 N_{Ω} を、現在までの一定誘因強度条件における崩壊数と考えることにより、土石流発生個数 E は $N_{\Omega} \cdot d_{\Omega}$ で与えることにする。そこで、発生数の危険度(A)は、 $A = (N_{\Omega} \cdot d_{\Omega}) / (F_{\Omega} \cdot N_{max} \cdot d_{max})$ — (1)で示されることになる。ここで、愛媛県における地質正分による d_{max} 、 d_{Ω} 、 N_{max} (h_{Ω} あたり)を現地調査等から求めた結果⁽³⁾は、表-1のようである。

表-1

	花コウ岩	黒色片岩
d_{max}	0.50	0.20
N_{max}	1.0	0.20
d_1	0.32	0.19
d_2	0.26	0.04
d_3	0.21	0.06
d_4	0.19	0.11
d_5	-	0.11

4. 山腹斜面飽和雨量(累加雨量)

雨水の浸透流による表層土層の飽和、それにともなう表面流の生起が山腹崩壊の一つの条件と考えられる。この雨水の流れは、3次元的に種々の水理学的要因が、複雑に組み合わさっており、完全に

その条件を決定することは困難である。ここでは、山腹斜面を単純化して2次元的に考え、その水理学的要因と、表面流発生に要する累加雨量との関係を与え、危険累加雨量による危険度(B)に結びつける。

図-1に示すような雨水の流れに対して、1次元的に考えれば、いわゆる中間流モデルが適用され、一般的に、表面流が生成する限界斜面長 l_c 、および累加雨量 ΣR_{tc} は、(2)、(3)式で示される。

$$\Sigma R_{tc} = h_{xc} / \cos\theta \quad (2) \quad l_c = t_c \cdot k_e \sin\theta / k_e \quad (3)$$

ここで、 h_{xc} :有効限界水深、 k_e :透水係数、 k_e :有効空隙率、 θ :斜面傾斜角、 t_c :表面流発生までの時間である。しかしながら、表層土層の透水係数の2次元的变化を考慮すると、運動の式は、 $h_x = K \beta^x$ (4) $K = (1/\beta \sin\theta)^{1/n+1}$ (5) $P = 1/n+1$ (6) で表わされる。ここで、 h_x :有効水深、 β :単位幅流量、 β , n :表層土層の透水係数の変化に関する係数である。これをもちいると、降雨強度一定の条件では、累加雨量は(2)式で、限界斜面長は、 $l_c = \frac{1}{\gamma(t)} \left\{ \frac{h_{xc}}{K \cdot \cos\theta} \right\}^{1/P}$ (7) で与えられる。さて、(2)、(3)式、および(7)式による累加雨量、限界斜面長は、降雨条件と与えれば一般的であり、表層土層厚を D_s とすれば、 $h_{xc} = \varepsilon_e \cdot D_s$ (8) で決定されることになる。しかし、(4)式をもちいて、実際の降雨波形あるいは計画ハイトグラフより算定する場合は、降雨強度の変化によって斜面下流端までの到達時間が異なるため、実際の流出計算をふりかえり、 h_{xc} の条件を与えて、累加雨量、限界斜面長を算定する必要がある。(図-2参照) すなわち、実際の流域に対して、その流域の表層土層厚、有効空隙率を与えて、(8)式で h_{xc} を決定し、斜面長、対象降雨波形をもちいて h_{xc} を与える時間を求めることにより累加雨量を算定できる。このように、 ΣR_{tc} が算定されれば、危険度(B)と、その地域における一連続降雨の最大の累加雨量 ΣR_{max} として、 $B = (\Sigma R_{max} - \Sigma R_{tc}) / \Sigma R_{max}$ (9) で与えることができる。

5. 溪床堆積物の崩壊流動に関する危険降雨強度

前報⁽²⁾で示した危険降雨強度の算定法は、溪床堆積土層の堆積厚、堆積勾配、堆積幅、透水係数および、溪床長、流域面積、斜面長などの水理学的要因の土石流発生に対する総合的評価と考えることができるであろう。そこで、対象流域における不安定堆積物に対する危険降雨強度の最小値(Y_{60min})をもちい、その地域における過去最大時間雨量 Y_{60max} との対比をふりて、危険度(C)を、 $C = (Y_{60max} - Y_{60min}) / Y_{60max}$ (10) で与えることとする。

6. 溪床勾配 一般に溪床勾配は、土石流発生に対して最緩急勾配(S_p)をピークとして考えられるので、 w 次の平均溪床勾配を S_w 、 w 次の勾配に対する危険度 D_w として、 $D_w = (S_p - |S_w - S_p|) / S_p$ (11) で与えられ、 Ω 次に対する危険度(D)は、 D_w を平均して、 $D_w = \sum_{w=1}^{\Omega} D_w / \Omega$ (12) で与えられる。

7. 危険度判定 危険度(X)は、 $X = A + B + C + D$ (13) で与え、 $0 \leq X \leq 4.0$ の範囲であり、最大値4.0に近づくほど危険度大となる。最後に、ここでもちいられる定数等、あるいは応用例については、講演時のページととする。

引用文献 (1): 才16回自然災害総合シンポ, p227-230, 1979, (2): 90回日林論, p407-410, 1979, (3): 山林地の荒廃予測に關する研究, p53-70, 1979, (4): 九文彙報50号, p1-68, 1979, (5): 90回日林論, p423-424, 1979

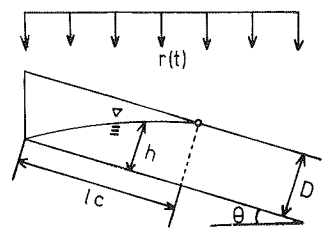


図-1

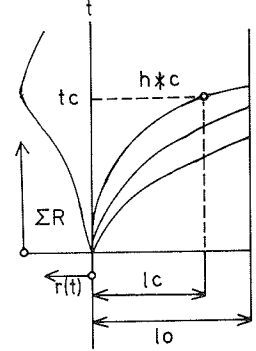


図-2