

III-13

土石流災害の危険度評価

長崎大学 正 〇棚橋 由彦

同 学 川内 俊英

日本国土開発(株) 生野 泰弘

飛島建設(株) 野口 和宏

1. まえがき

昭和57年7月長崎県南部を襲った集中豪雨は県内の死者299人(うち長崎市262人)という大惨事をもたらした。なかでも東長崎地区を中心に土石流を頻発させ、一瞬のうちに旧土石流扇状地や谷底平野に飛達した集落の一部をなぎ倒し、道路盤土をえぐり取り、住家・田畑に巨岩や泥砂を堆積させ、今なお無残な爪跡を残している。土石流の発生予測は「どれだけの雨が降れば、どの渓流で、土石流が発生するか」を知ることに尽きる。本報告は、既往の二つの異なる観点からの土石流発生危険度評価法の適用により、総合的な土石流発生予測法の一試案を提言するものである。

2. 長崎市における土石流発生限界雨量

土石流は一般的に言って数十年から数百年というオーダーで発生する比較的に稀有な現象であるため、市町村単位での過去の土石流災害と降雨記録を収集することは不可能である。そこで先行雨量(7/5~7/22)598mmであった一昨年発生土石流のうち86渓流について、長崎市域の各観測点の降雨記録と土石流発生時刻を収集・整理して、当日の降り始めからの累積雨量 R と土石流発生時の平均降雨強度 r_m との関係を図-1に示した。図に示すように一昨年の土石流発生86渓流は1渓流を除いて全て図中の線 $R = ar_m^{-b}$ ($a=23,000$, $b=1.05$) (1) より上にある。例えば式(1)に $r_m=50$ mm/hを代入すると、 $R=310$ mmを得。降り始めから200 mmの雨が降り、降雨強度60 mm/hの雨が降り続くとき、あと2時間足らずで土石流が発生する危険性が極めて大きいという、長崎市全域の限界雨量を教えてくれる。次に個々の渓流の危険度評価点を3.に示す方法で計算しておき、危険度評価点の高い渓流ほど、図中の限界雨量線を降下させる。すなわち式(1)の定数 a に危険度評価点 d_i に依存する係数 $K(d_i)$, $K \leq 1$ を乗じようとするものである。

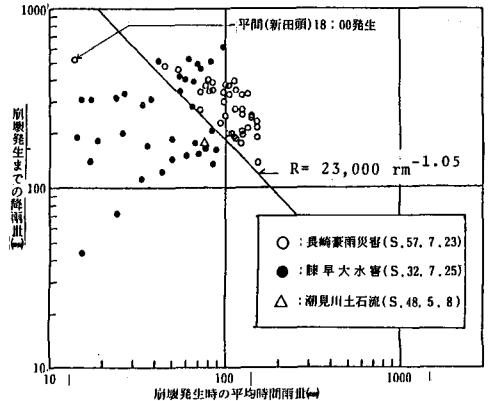


図-1. 長崎市における土石流発生限界雨量

3. 土石流発生危険度評価

3-1. 力学的機構に基づく土石流発生危険度評価法の適用

ここでは、土石流発生力学的機構に基づく危険度評価式として、芦田・高橋・澤井⁽¹⁾の評価式(2)を採用する。個々の渓流の危険度評価点 d_{mi} は、

$$d_{mi} = \frac{Q_{oi}}{Q_{oc}} = Q_{oi} / \left(\frac{8 \sin \theta}{f K^3} \cdot g d^3 B^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

ここに Q_{oc} : 土石流発生のための下限勾配 θ_c 地点における発生限界流量、 Q_{oi} : 個々の渓流の θ_c 地点の流量
 θ : 渓床勾配、 f : 摩擦抵抗係数、 B : 河幅、 d : 粒径、 K : 表面流と一体化するための最小流動層厚と水深の比、 g : 重力加速度

また対象地域に対して同一降雨パターンを仮定すれば、流出流量 Q_{oi} は θ_c 地点の集水面積 A_{di} に比例するから、有効降雨強度 Y_e が与えられれば、ラショナル式を用いて土石流発生危険度評価点 d_{mi} は発生限界集水面積 $A_{dc} = 3.6 Q_{oc} / Y_e$ で各渓流の A_{di} を除いた値、 $d_{mi} = A_{di} / A_{dc}$ (3) で定義することができ。

式(3)を東長崎地区八郎川左岸域(対象渓流194, うち土石流発生渓流104)に適用し、各渓流の d_{mi} を

計算し、表-1に結果をまとめた。表には各危険度区分の土石流発生率も示してある。図-2は対象域の一部であり、図中黒丸の位置が危険度評価の地点である。なお文献(1)では河幅は対象域で一定としているが、山地小渓流の場合、V字谷の渓流が多く河幅は一概に決定できないのでRegime-theoryが適用可能として $B = C_B Q_{0.1}^{1/2}$ ($C_B = 2.0$) (4)により各渓流毎の河幅を求めた。また式(2),(3)の誘導過程に設けた仮定を満たす理想的な渓流の場合、危険度判別値は1となるが、ちなみに渓流の代表粒径 d (これも測定し難い量だが)を20cmとして計算すると全渓流の危険度評価点 $dmi < 1$ となり、むしろ dmi は各渓流の相対的な危険度を評価する指標と考えた方が妥当であろう。

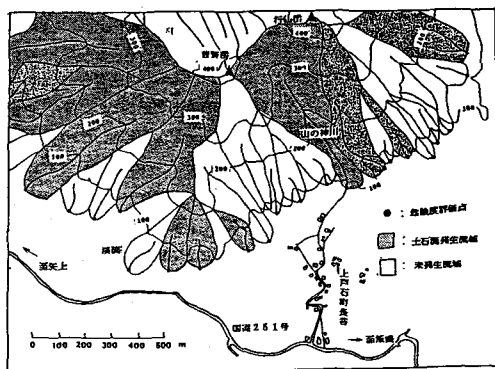


図-2、サンプル (= 渓流) の一例

表-1 dmi の計算結果 (東長崎地区・八郎川左岸地域)

危険度 dmi	渓流数	土石流発生数	土石流発生率
$dmi \geq 2.25$	10	8 (6)	0.80 (0.60)
$2.25 > dmi \geq 1.75$	24	18 (13)	0.75 (0.54)
$1.75 > dmi \geq 1.25$	41	29 (21)	0.71 (0.51)
$1.25 > dmi \geq 1.00$	36	15 (10)	0.42 (0.28)
$1.00 > dmi \geq 0.75$	49	24 (10)	0.49 (0.20)
$0.75 > dmi$	33	10 (2)	0.30 (0.06)
合計	193	104 (62)	

() の数値は発生した土石流のみの場合
・崩壊、流下侵食、堆積の機構が明確に認められる土石流 $d = 10\text{cm}, B = 2Q^{1/2}$

3-2. 多変量解析による土石流発生危険度評価

先述したように、3-1. による評価法は、各渓流毎の所要のパラメータ (例えば河幅 B 、粒径 d など) の測定が難しくかつ一義的に決定できない欠点がある。しかも d 、 B 、 ρ を対象域で一定とすると、危険度評価点 dmi は単純に各渓流の A_{di} にのみ比例し、

他の土石流発生を左右する要因 (例えば、植生、渓流長、縦横断面形状、地質など) が全然考慮されない。これを補う意味で、もう一つ多変量解析 (数量化理論Ⅱ類) を適用した土石流発生危険度評価法により、個々の渓流の危険度評価点 dsi を計算する。具体的には、春山・北村らの手法 (図-3)⁽²⁾を採用するが、メッシュデータは用いず、3-1. (図-2) と同様、各渓流の θ_c 地点より上流の集水域を境界とする流域をサンプルとする。このことは dmi と dsi の整合性をはかる上でも重要である。図-3のフローチャートに沿って、先と同様東長崎地区八郎川左岸域に適用した。採用した特性項目は別途報告する数量化理論Ⅱ類の適用に際し選定したアイテムカテゴリーと同一である (文献(3)参照)。

適用結果からは明瞭な群別分類が行なえず、個々の渓流の危険度評価点 dsi は未だ求まっていなかったが、アイテムカテゴリーの危険度評価点の設定基準アイテムとしては、3-1. (3)式との類推から集水面積を選定するのが妥当と考える。

4. あとがき

ここでは、相互の欠点を補完し合う二つの手法により各渓流毎の危険度評価点 dmi 、 dsi を計算し、それぞれの手法に用いたデータの精度を工学的に評価し、

総合危険度評価点 $di = di(dmi, dsi)$ を与え、 di から各渓流毎の土石流発生限界雨量 $R \geq a \cdot k(di) \cdot Y_m^{1/b}$ を求め、予測する手法を一試案として提言した。但し、 $di = di(dmi, dsi)$ 、 $k = k(di)$ の決定は高度に工学的判断を要求され、今後に残された課題は多い。なお本研究には文部省自然災害科学研究費の補助をうけ、計算には長崎大学情報処理センターFACOM-M180ⅡADを利用したことを附記する。

引用文献 (1) 芦田・高橋・澤井; 京大防災研年報、第21号B-2 pp.423-439, 1978 (2) 春山・北村他; 第36回土木学会年講Ⅲ pp.314-315, 1980 (3) 棚橋・伊勢田・川内; 昭和58年度土木学会西部支部講演概要Ⅲ, 1984

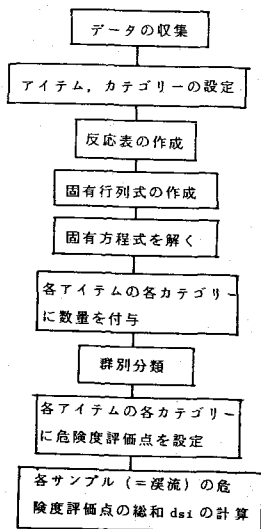


図-3. dsi の計算方法を示すフローチャート (春山・北村ら⁽²⁾に加筆)