

重回帰分析を用いた土石流崩壊規模の評価に関する研究

山口大学工学部	○荒木義則
防衛大学校	鈴木真次
建設省土木研究所	石川芳治
山口大学工学部	池田直樹
八千代エン지니어リング（株）	下田義文
山口大学工学部	古川浩平

1. はじめに

自然災害のうち、土石流をはじめ地滑りや崖崩れなどの土砂災害は毎年全国各地で発生しており、尊い人命が失われ、貴重な財産が破壊されている。中でも最も多量の土砂を生産し、破壊力の最も大きな現象が土石流災害である。このような土石流災害に対して建設省は、全国的に土石流危険渓流調査を行っており、平成2～4年度の調査結果によると約7万9千もの危険渓流があることが報告されており、昭和61年度の調査結果よりも増加傾向にあることが指摘されている。これは、最近の土地の高度利用化に伴い山間部の宅地開発等が進んでいるからであり、この現象は我が国の国土事情を考えるとますます危険渓流が増えるものと考えられる。

一方、土石流の発生予測に関する研究は、雨量および地形・地質の観点から危険評価の研究が行われ、かなりの成果を得ている。後者については建設省で実用化され、全国的な調査が実施されている。この調査の後に多くの渓流で土石流が発生したが、現行の危険度評価方法の検証およびその改良に関する研究はほとんど行われていない。

そこで本研究では、昭和57年7月に長崎地方で発生した土石流災害のうち、最も土石流被害の大きかった長崎市東部を対象とし、現行の危険度評価の検証を行い、さらにはその評価方法の改善を素因となる地形要因からアプローチを行った。

危険度評価方法の改善においては、主として災害発生前（昭和55年度）の土石流危険渓流調査結果と著者らが新たに考えたその他の地形要因を用いた。そして、土石流が発生した場合の渓流崩壊規模を重回帰分析により評価することを試みた。

2. 従来の土石流危険度評価の検証

2.1 渓流崩壊・土石流発生の実態区分

本研究で使用したデータは、源頭部崩壊型の土石流を扱っているため¹⁾、土石流や崩壊となる素因が流域内に存在し、それを引き起こすだけの雨量が十分加われば、渓流と山腹斜面の諸条件によって、渓流は安定から崩壊、そして土石流へとその形態が変化すると考えられる。渓流の崩壊規模は、設計の観点からすると流出土砂量とすることが最も望ましいと思われるが、緊急を要する災害復旧において流出土砂量の調査は、災害前の詳細な地形データも少なく、災害後に詳細な測量をする時間的な余裕もないため、流出土砂量の調査は専門技術者の目測により行われているのが現状である。また、詳

細に行われた土砂量調査結果にしても航空写真から堆積地域の面積を求め平均堆積厚を乗じて求められており、その計測精度は低いと考えられる。そこで、表-1に示すような崩壊ランクを1~5まで設定した。ここでランク1は安定した溪流、ランク2, 3は崩壊の発生した溪流、ランク4, 5は土石流の発生した溪流を表す。また土石流の発生規模は土石を送流するエネルギーの大きさに比例し、エネルギーが大きいものほど溪流を侵食する力が大きいと考え、土石流の発生規模を侵食路長とし、崩壊の発生規模を崩壊地面積でランクを細分化した。侵食路長や崩壊地面積であれば、災害直後の溪流被災状況を航空写真から簡単に計測することができ、観測者の主観の入らない比較的精度の高いデータを得ることができると考えられる。

表-1 崩壊ランク

ランク	崩壊形態
1	安定
2	崩壊 (崩壊面積 < 1,000m ²)
3	崩壊 (崩壊面積 ≥ 1,000m ²)
4	土石流 (侵食路長 < 0.5km)
5	土石流 (侵食路長 ≥ 0.5km)

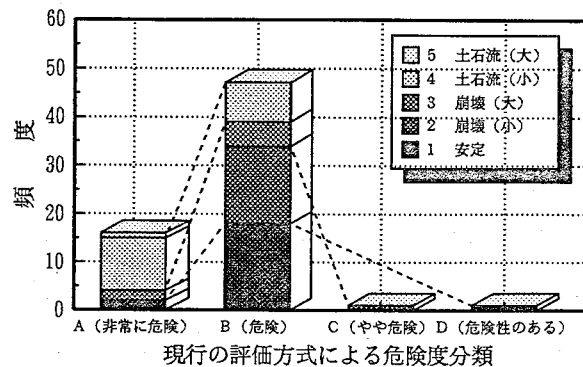


図-1 溪流実態と現行の危険度区分の比較

2.2 現行の危険度評価方式の評価

現行の発生危険度評価においては、溪流はA~Dの4ランクに分類される²⁾。ここでA~Dのランクは、A：非常に危険な溪流、B：危険な溪流、C：やや危険な溪流、D：危険性のある溪流を表している。そこで本研究では、実際の長崎災害の各溪流の実態を表-1のように区分して、現行の発生危険度区分との関係を図-1に示す。ここで溪流は、土石流危険溪流調査が主溪流を中心とした調査であるため1次水系のみを取り扱った。また、地質の影響を取り除くために主な地質は、火山噴出岩（安山岩が中心）であるものに限定した。図-1より、評価ランクの頻度で見るとBランクが最も多く、次がAランクであり、CやDランクは非常に少ないことがわかる。特に、Aランクでは実際に土石流の発生頻度が高いことが伺えるものの、Bランクになると安定や崩壊の頻度のほうが土石流の頻度よりも高くなっている。また全体的にBランクの溪流が占める割合が高く、この評価方式では、実際の溪流危険度（崩壊及び土石流の規模）を十分に説明しているとはいえないと考えられる。

3. 溪流崩壊規模の評価方法の提案

3.1 溪流崩壊要因の設定

土石流の発生は、素因としての地形・地質要因と誘因となる雨量要因の組み合わせによって表現できると考えられる。そこで著者らは地形・地質要因として、建設省が全国的に行っている土石流危険溪流調査結果を積極的に利用し、その他の要因として土石流や山腹崩壊に関係があると考えられ、地形図から読み取ることのできる項目を抽出した。表-2に地形・地質要因一覧表を示す。この表は、基本的に土石流危険溪流調査項目を中心とし、その他の要因として溪流要因には水系模様、流域平均勾配、斜面要因には0次水系の数、流域最大傾斜、流域評価要因には降雨集中度評価を考えた。ここで降雨集中度評価とは、流域平面形状と谷の発達状況から降雨の集中度をランク1~5まで評価した

ものである²⁾。

一方、雨量要因は、対象とする溪流を長崎市東部に地域限定することで一定条件と考え

表-2 地形・地質要因一覧表

要 因		採 用 理 由	
地形・地質要因	A	水系模様	流水の流下形態 「すべり台」としての土石の流下しやすさ 渓床移動 流水の流下距離 集水の大小 流水の流下形態 土石流の発生・発達規模
	B	流域平均勾配(°)	
	C	最急渓床勾配(°)	
	D	主溪流長(km)	
	E	流域面積(km ²)	
	F	溪流幅(m)	
	G	渓床堆積厚さ(m)	
斜要因	H	0次水系の数	土石流発生の際の大小 斜面崩壊の発生・非発生
	I	流域最大傾斜(°)	
流域要因	J	地形・地質評価(要因A)	建設省方式による評価 同 上 流域形状と谷の発達状況から降雨の集中度を評価
	K	渓床堆積厚評価	
	L	降雨集中度評価	

た。またこの地域は当災害で最も被害の多発した地域であり、土石流や山腹崩壊が発生した溪流は、全溪流の6割以上あり、誘因としての雨量条件は十分満足しており、溪流の崩壊は地形・地質要因の影響が大きく作用すると考えられる。

表-3 説明変数と目的変数の相関行列

項目	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	ランク
A	1												
B	0.03	1											
C	0.28	0.82	1										
D	0.44	0.01	0.26	1									
E	0.11	-0.13	-0.00	0.76	1								
F	-0.01	0.37	0.30	0.33	0.35	1							
G	-0.09	-0.02	0.09	0.22	0.21	0.15	1						
H	0.28	0.08	0.14	0.55	0.57	0.25	0.07	1					
I	0.06	0.37	0.33	0.18	0.24	0.44	0.07	0.22	1				
J	0.19	0.41	0.39	0.48	0.39	0.38	0.16	0.64	0.25	1			
K	0.09	-0.16	-0.05	0.21	0.29	0.11	0.44	0.07	-0.09	0.08	1		
L	0.19	-0.11	-0.04	0.65	0.63	0.20	0.18	0.47	0.16	0.36	0.14	1	
ランク	0.15	-0.02	-0.03	0.47	0.48	0.29	0.37	0.50	0.23	0.52	0.21	0.74	1

3.2 重回帰分析による予測モデル

重回帰分析では、変数増減法(ステップワイズ法)を採用した。通常、重回帰分析により得られる重回帰式では、説明変数の取扱いによって偏回帰係数が負の値を取り、目的変数との単相関係数と符号が逆になる現象がある。そこで説明変数間の単相関係数を考慮し事前の変数選択を行った。そこで、表-3に説明変数および目的変数との相関行列を示す。表-3より、説明変数であるB:流域平均勾配とC:最急渓床勾配の単相関係数が0.82と高い相関を持っていることと、使用したデータには渓床移動に伴い発生した土石流のデータは含まれていないことから、渓床移動型の土石流に関係すると考えられる要因であるC:最急渓床勾配を説明変数から取り除いた。またD:主溪流長は、E:流域面積とL:降雨集中度評価との相関が高く、単相関係数がそれぞれ0.76, 0.65であることから、同様に主溪流長を説明変数から取り除いた。従って、重回帰分析に用いた説明変数は、C, Dを除く10変数である。これらの説明変数を用いて重回帰分析より得られた重回帰式を式(1)に示す。

$$Y = -1.281 + 0.544X_G + 0.480X_J + 0.583X_L \dots\dots\dots(1)$$

ここで、Yは崩壊ランク、X_GはG:渓床堆積厚さ、X_JはJ:地形・地質評価(要因A)、X_LはL:降雨集中度評価である。なお、回帰式については重相関係数R=0.815、寄与率R²=66.35%、分散比F₀=40.09であり、5%有意水準F₀=2.76を十分に上回っており、この回帰式は、予測式として利用で

きる。

次に、重回帰分析による予測式(1)を用いて実測値と比較したものを図-2に示す。図-2より、○印は実際の渓流崩壊ランクで、*印は予測式による値を示している。実際の崩壊ランクが1であ

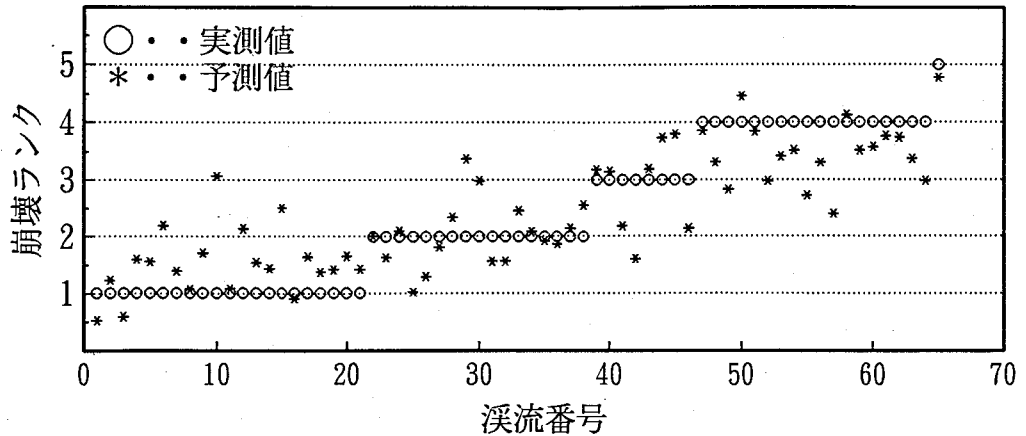


図-2 システムの同定結果

る安定した渓流に対して予測値は崩壊ランクが1~2のやや大きめ値をとり、崩壊ランク4の土石流に対しては予測値が崩壊ランク3~4のやや小さめの値を示す傾向が見られる。なお、本研究で扱った渓流は降雨が非常に集中した地域を対象とし、雨量要因を一定と考えていることに対する実際のばらつきを考慮すると、全体として比較的精度の高い予測結果を示しており、このことから式(1)は渓流崩壊規模の予測式として有用であると考えられる。

4. あとがき

本研究では、昭和57年7月の長崎豪雨で土石流の多発した長崎市東部の渓流を扱うことにより雨量要因を一定とし、渓流の崩壊は地形要因のもつポテンシャルによりその規模が決定されると考えて、渓流の崩壊規模を重回帰分析により評価した。以下に本研究で得られた結論を列記する。

1) 土石流危険渓流調査結果と著者らの考えたその他の地形評価要因により作成した地形・地質要因一覧表は、渓流の崩壊規模を評価する要因として有効である。特に、源頭部崩壊型の土石流に対しては、溪床堆積厚さと地形・地質評価(要因A)、さらに降雨集中度評価の3項目が重要である。

2) 重回帰分析により構築した予測モデルは、豪雨地域の渓流崩壊規模を評価する手法として有効となる可能性が示された。

なお、本研究では、渓流内の主な地質を火山噴出岩(主に安山岩)のみを扱っており、他の地質についても検討する必要があると考えられる。また、危険度を長崎災害の実態に基づき区分したが、この危険度の区分があらゆる土石流災害に適した区分であるかどうかは今後検討する必要がある。

参考文献

- 1) 長崎大学学術調査団：昭和57年7月長崎豪雨による災害の調査報告書，PP.59~71.
- 2) 建設省河川局砂防部砂防課：土石流危険渓流および土石流危険区域調査要領(案)，平成元年10月
- 3) 松村和樹・中筋章人・井上公夫：土砂災害調査マニュアル，鹿島出版会，PP.11~31，1988.