

広範囲を対象とした数値解析による土石流危険渓流の危険度評価手法

発表者：○桜井亘，栗原淳一，酒井直樹（独立行政法人土木研究所）
齊藤泰久，秋山怜子（パシフィックコンサルタンツ株式会社）

1. はじめに

土石流危険渓流の整備率は依然として低く，毎年，土石流による犠牲はあとを絶たない。一方，財政事情の厳しさにより，今後は，限られた予算において，より効果的・効率的な対策を行う必要がある。そのためには，客観的な危険度評価に基づき，事業の優先度を決定することが必要である。しかし，広大な流域や事業エリアにおいて，流域間の危険度を客観的に評価する手法は確立されていない。そこで，数値解析手法により，流域間の相対的な危険度を評価する手法を検討した。

2. 手法

(1) 使用したモデル

表層崩壊の発生による土石流を対象として，斜面安定解析により危険度評価を行う手法を検討した。使用したモデルは，三角形メッシュの適用による地形モデルの再現性，不飽和帯の地下水挙動の再現性等を考慮し，平松ら¹⁾によるモデルを使用した。

(2) 検討対象地

検討対象地は，平成 16 年の台風 15 号や 21 号により，表層崩壊や土石流が多発した愛媛県新居浜市多喜浜地区とした（図-1）。当地区は，新居浜市の背後に広がる標高 300m 未満の丘陵性の山地であり，地質は，和泉層群の砂岩・泥岩から成る。

(3) 計算条件の設定

地形モデルは，航空レーザ測量（以降，LP と略す）のデータによる 10m の三角メッシュの標高データを作成した。また表層土層厚は，現地で簡易貫入試験を実施し，土層厚と斜面勾配の関係を求め，0.8m～3.5m の間で斜面勾配に応じて推定することとした。土質強度の定数である粘着力 C (kN/m^2)，及び内部摩擦角 ϕ ($^\circ$) は，現地採取試料で一面せん断試験を実施した結果， $C=8.4\text{kN/m}^2$ ， $\phi=39.9^\circ$ であった。土壌水分に関するパラメータは，体積含水率とサクシオン，比透水係数の関係を Van-Genuchten の式を用いて実験結果と近似させ求めた。飽和透水係数は，実験結果を参考に，台風 21 号による崩壊の再現性を考慮し， $4.0 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ とした。

降雨は，安定解析に必要な水深を得るため，20mm/h を 24 時間一定で与えた。この降雨は，年最大日雨量の平均降雨強度（14mm）以上，及び年最大時間雨量の平均（32mm）以下として，AMeDAS のデータ（1976～2006）を基に設定したものである。

3. 安全率の計算と危険度評価

安全率の計算において必要となる C, ϕ は，場所により異なり，特に C は，含水比によっても異なるなど不確実性を伴う値である。そのため，特定の値を用いて計算を行うと，実際の斜面では崩壊が発生していても，表層土層厚によっては，水深が土層厚まで上昇しても崩壊発生となる結果が得られない場合がある（図-2； $C=8.4\text{kN/m}^2$ ， $\phi=39.9^\circ$ ，表層厚 1m の場合）。そこで，このようなパラメータの不確実性を考慮した危険度の評価を行うこととした。

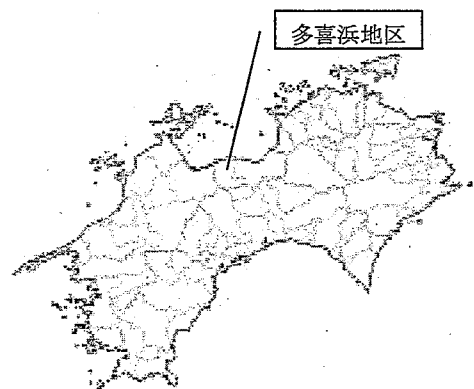


図-1 調査位置図

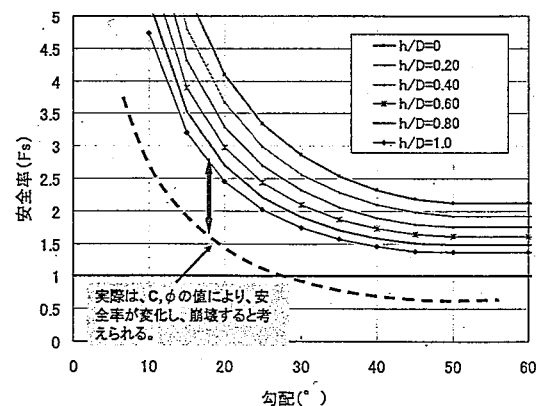


図-2 土層厚と水深，安全率の関係
(h ：水深， D ：表層土層厚)

具体には、C, ϕ に対してモンテカルロシミュレーションを用いて乱数により C, ϕ を互いに独立な正規分布で発生させ、得られる安全率の分布で危険度を評価した。今回は表-1に示

表-1 C, ϕ の設定

	最小	平均	最大
C(kN/m ²)	0	10	20
ϕ (°)	29.9	39.9	49.9

すように、C は実験値を参考に平均を定め、推定される最大、最小値が標準偏差の3倍(3 σ)程度となるように、 ϕ は、実験値の $\pm 10^\circ$ で分散を設定した。この後、モンテカルロシミュレーションにより、各メッシュに対して、10,000通りのC, ϕ を発生させ安全率を計算した。発生させたC, ϕ の分布範囲と確率を図-3に示す。

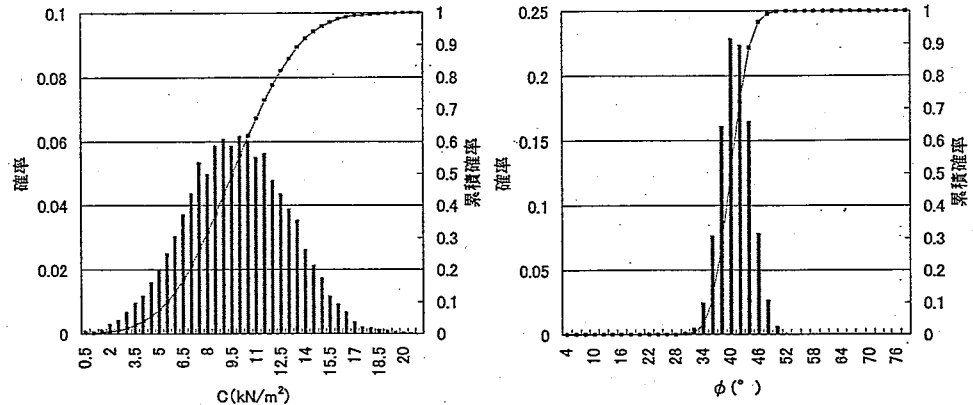


図-3 モンテカルロシミュレーションにより得られた C, ϕ の分布

流域間の危険度評価は、図-4に示すように、流域毎に安全率 1.0 を下回る確率に着目して危険度の順位を求めた(表-2, ①に該当)。また、危険度順位が実際の崩壊発生状況と比較し、妥当な結果となっているか、崩壊面積率(表-2, ③で示す)と比較し検証を行った。さらに、1m メッシュの標高データから作成した地形図により、崩壊が発生した斜面の地形特性を把握したところ、斜面勾配 40° 以上の凹地状地形で崩壊が多発している傾向が見られたことから、この地形が占める面積率(表-2, ②で示す)も計算し、それぞれの危険度順位を比較した。この結果、①~③の順位は必ずしも一致しないが、それぞれ上位 10 番以内の溪流は、7 溪流が共通しており、概ね危険度は同様の傾向を示す結果となった。

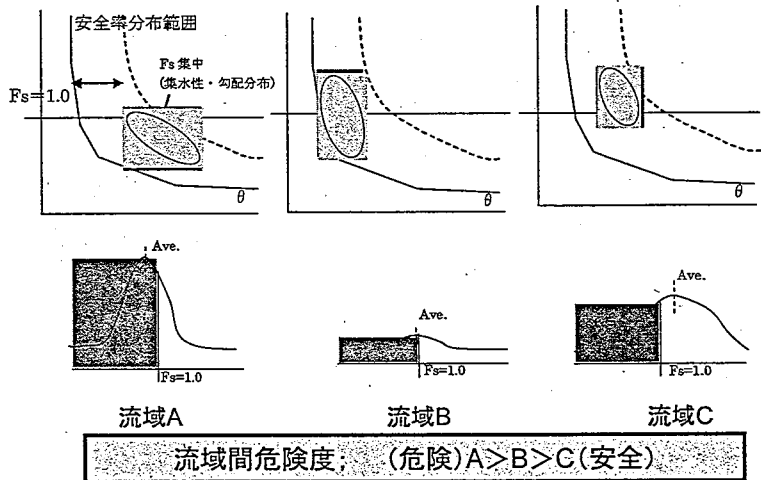


図-4 危険度評価の手法

4. 終わりに

これまで不確実性が指摘されてきた C, ϕ の分布を考慮した危険度評価の試みを行った。この手法は、相対的な危険度を示すものであり、実際に崩壊する場所を特定するものではないが、計算結果を見ると、概ね現地の地形や崩壊の発生状況を反映した土石流危険溪流間の危険度評価が可能であることが分かった。今後は保全対象等、流域の社会条件も考慮した危険度評価手法を確立していく必要がある。

<参考文献>

1) 平松ら; 雨水の浸透・流下過程を考慮した表層崩壊発生予測手法に関する研究, 砂防学会誌 Vol.43 No.1, 1990

表-2 危険度評価結果

流域名	流域番号	①Fs<1.0となる安全率		②勾配40°以上の凹型斜面		③崩壊地	
		確率	順位	面積率	順位	面積率	順位
又野川	1	0.067	17	2.3%	17	0.00%	14
	2	0.244	11	12.8%	11	1.09%	2
	3	0.261	9	13.5%	9	0.58%	6
	4	0.134	16	5.4%	16	0.19%	9
	5	0.148	14	5.9%	14	0.11%	12
	6	0.274	5	14.1%	8	0.30%	8
	7	0.277	7	14.4%	7	0.45%	7
	8	0.057	19	0.2%	19	0.00%	14
桶崎川	9	0.23	12	10.3%	12	0.03%	13
	10	0.066	18	2.2%	18	0.13%	11
	11	0.273	6	15.1%	6	1.10%	1
	12	0.258	10	12.8%	10	0.00%	14
	13	0.305	4	18.6%	3	1.06%	3
白浜川	14	0.13	15	5.8%	15	0.00%	14
	15	0.197	13	9.3%	13	0.89%	4
	16	0.303	1	18.7%	2	0.15%	10
	17	0.269	8	16.5%	5	0.00%	14
	18	0.312	2	20.8%	1	0.70%	5
19	0.303	3	18.1%	4	0.00%	14	
合計					13.9%		1.74%