

Ⅲ-A227

斜面の抵抗力を考慮した危険降雨の評価

吉川建設(株) 正会員 ○ 加藤 靖裕*

中部大学工学部 正会員 杉井俊夫**

中部大学工学部 正会員 山田公夫**

岐阜大学工学部 フェロー 宇野尚雄***

1. まえがき

著者らはロジットモデルを解析手法として使用することにより、比較的容易に斜面要因を考慮して破壊に有効な雨量という意味の「有効雨量」を同時に定式化してきた^{1),2)}。斜面の抵抗力を評価する斜面要因モデルと斜面の抵抗ポテンシャルを含む雨量要因モデルの2つの組み合わせから実効雨量と時間雨量の降雨指標を用いて有効雨量を定義してきた。しかし、以前のモデル²⁾では、斜面の抵抗ポテンシャルごとに雨量要因モデルを選択する必要があり、実用化の上で問題があった。本報告では、斜面の抵抗力と2つの雨量指標を用いて3次元空間上に危険降雨を判別する判別線を面として表し、一つの雨量要因モデルで評価する方法を示している。

2. 有効雨量の算定

（斜面要因モデル）今回使用するデータは、1975年から1988年の中央道 伊北～中津川間の斜面データ（崩壊斜面 10ヶ所、非崩壊斜面 119ヶ所、計 129ヶ所）を用いて表-1に示す要因とそのカテゴリ分けを行い、斜面要因モデルを構築する。ここで式(1)、(2)のロジットモデル³⁾を構築。求められた β_k により式(1)の V_n を定式化する。ここで V_n はその増加により式(1)より非崩壊確率を増加させることから斜面の抵抗力を評価するもの（抵抗ポテンシャル）と解釈される。表-2のモデル構築結果により抽出された要因のパラメータの符号は、大地形（堆積型）と全直高が外力要因としてマイナスに、法面形状（偏平型）は抵抗力要因としてプラスとなり非崩壊確率を求めたこのモデル結果は、工学的にも説明が可能である。

表-1 斜面要因

要因	内容
大地形	堆積型: $X_1=1$ / 隆起型: $X_1=0$
法面形状	偏平型: $X_2=1$ / 非偏平型: $X_2=0$
土地利用	開拓: $X_3=1$ / 未開拓: $X_3=0$
背後地形	傾斜: $X_4=1$ / 水平: $X_4=0$
地層区分	土砂: $X_5=1$ / 岩: $X_5=0$
岩質区分1	土砂: $X_6=1$ / 他: $X_6=0$
岩質区分2	軟岩: $X_7=1$ / 他: $X_7=0$
岩質区分3	硬岩: $X_8=1$ / 他: $X_8=0$
風化	あり: $X_9=1$ / なし: $X_9=0$
亀裂	なし: $X_{10}=1$ / あり: $X_{10}=0$
断層	あり: $X_{11}=1$ / なし: $X_{11}=0$
湧水	あり: $X_{12}=1$ / なし: $X_{12}=0$
法面保護工	植生以外: $X_{13}=1$ / 他: $X_{13}=0$
法面延長	単位 m (数的要因)
全直高	単位 m (数的要因)
法勾配	1 : N (数的要因)
小段巾	単位 m (数的要因)
経過月	単位 月 (数的要因)

表-2 斜面要因モデル構築結果

要因	パラメータ	t 値
ダミー変数	4.28	3.76
大地形 (堆積型)	-1.74	2.20
法面形状 (偏平型)	2.10	1.89
全直高	-0.06	1.93
的中率 92.2%	尤度比 0.670	

$$P_{nn} = \frac{1}{1 + \exp(-V_n)} \quad (1)$$

$$V_n = \beta_0 + \beta_1 X_{n1} + \beta_2 X_{n2} + \dots + \beta_k X_{nk} \quad (2)$$

ここに、 P_{nn} : 非崩壊確率、 V_n : 抵抗ポテンシャル、

β_k : 最尤推定法により得られるパラメータ、 X_n : 斜面の要因 である。

（雨量要因モデル）斜面要因モデルで使用した区間のアメダスデータを用いて時間雨量、実効雨量を出し、その雨量と抵抗ポテンシャルを用いて再度ロジットモデルを使い、雨量要因モデルを構築する。雨量の取り方は、斜面が崩壊する前は非崩壊とし、崩壊後はその斜面データを除いて解析を行っている。雨量要因モデル構築結果を表-3に示す。

雨量モデルで用いた式(3),(4)を変形して得られた式(5)がロジットモデルによる判別式であり、ロジットモデル線 (LM 線) と呼ぶ。

$$Rh_n = -\frac{1}{\zeta_2} \left[\zeta_1 R w_n + \zeta_0 + \zeta_3 V_n - \ell n \left(\frac{\bar{P}}{1 - \bar{P}} \right) \right] \quad (5)$$

$$\bar{P} = \frac{1}{1 + \exp(-Z_n)} \quad (3)$$

$$Z_n = \zeta_0 + \zeta_1 R w_n + \zeta_2 R h_n + \zeta_3 V_n \quad (4)$$

ここに、 $\bar{P}$: 崩壊確率 Z_n : 被災ポテンシャル

ζ_k : パラメータ である。

表-3 雨量要因モデル構築結果

要因	k	ζ_k	t 値
ダミー変数	0	-4.51	4.17
実効雨量 (半減期 12 時間) ₁		0.0039	0.39
時間雨量 ₂		0.0573	1.43
抵抗ポテンシャル ₃		-0.66	2.18
的中率 99.0%		尤度比 0.93	

キーワード : 時間雨量, 実効雨量, ロジットモデル, 斜面崩壊, 統計解析,

*〒395 飯田市松尾町 2-25 TEL0265-22-3400 **〒487-8501 春日井市松本町 1200 TEL0568-51-1111 FAX0568-52-0134

***〒501-11 岐阜市柳戸 1-1 TEL058-230-1111 FAX 058-230-1891

表-3にある雨量要因モデル構築結果のパラメータ k を式(5)の判別式に取り入れグラフ化したものが図-1であり、このグラフに降雨地点の実効雨量・時間雨量・抵抗ポテンシャルをプロットし、その点が判別面を超えるか否かにより有効雨量の判別ができるが、図-2のように対象斜面の抵抗ポテンシャルを判別式に取り込んでおき実効雨量と時間雨量をプロットすることで、面により表されていた判別式がLM線で表されるようになり、3次元で判別するよりも解かりやすく判別を行うことができる。

ここで図-3は、LM線を実際に求め崩壊斜面と非崩壊斜面の雨量管理一例を示したものであるが、判別にあたっては同じ雨量で行っている。崩壊地点においてはLM線を超える雨量が生じているので規制が必要であるが、非崩壊地点においてはLM線にいたっておらず規制の必要はないと判断される。以前のモデル²⁾では、抵抗ポテンシャルの大きさによりいくつかの判別線とグラフを用いての判別が必要であったが、本方法では斜面の抵抗力ごとに判別線の切片が変化するので単一の判別式とグラフにおいて斜面要因を考慮し危険降雨に対する斜面管理が可能となる。

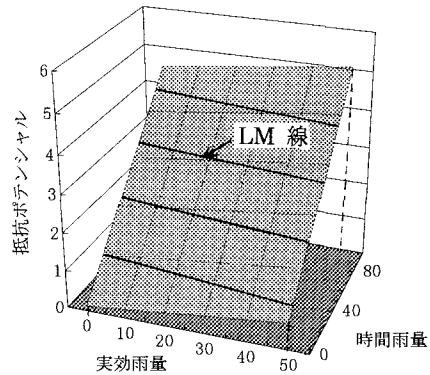


図-1 実効雨量・時間雨量・抵抗ポテンシャルによる判別

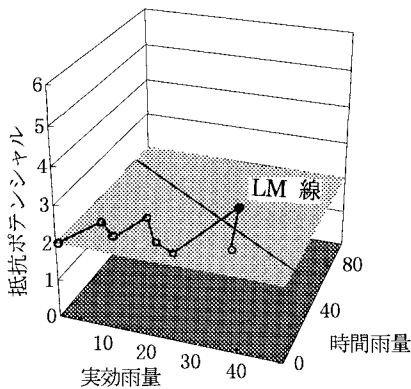


図-2 実効雨量と時間雨量の判別

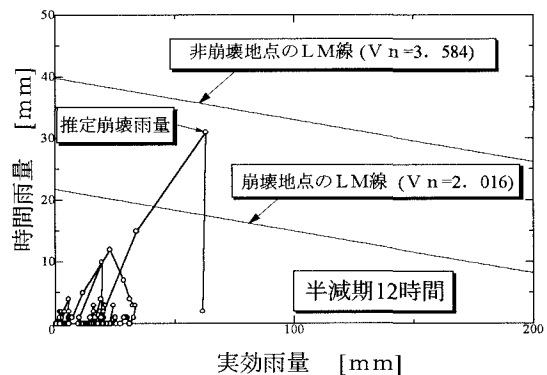


図-3 LM線による斜面の安定管理

3. まとめ

本研究で得られた結果を以下のようにまとめる。

- 1) 大地形（堆積型）と全直高が外力要因、法面形状（偏平型）が抵抗力要因として斜面の抵抗力を定量的に評価する要因を特定化することができた。
- 2) 以前のモデル²⁾のようにランク分けされた斜面の抵抗ポテンシャルごとに判別式（LM線）を選択する必要がなく、判別式の中に抵抗ポテンシャルを取り込むことを可能にした。
- 3) 斜面の抵抗力を考慮した危険降雨に対する斜面の安定管理の手法を示した。

【参考文献】

- 1) 杉井・山田・宇野：崩壊確率を用いた斜面の有効雨量の評価，土木学会第51回年次学術講演概要集，Ⅲ-A，pp.416-417，1996。
- 2) 杉井・山田・宇野：斜面要因にみあう複数降雨指標の評価，第32回地盤工学研究発表会，pp.1851-1852，1997。
- 3) 宇野・森杉・杉井・中野：被災事例に基づく河川堤防の安定性評価，土木学会論文集，No.418/Ⅲ-13，pp.115-124，1989。
- 4) 財団法人 高速道路技術センター：名古屋管理局のり面等防災検討報告書
- 5) 日本道路公団：名古屋管理局管内図データ、
- 6) 気象協会 アメダス降雨量 1976-1988。