

III-A 208

崩壊確率を用いた斜面の有効雨量の評価

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 正会員 宇野尚雄

1. まえがき

交通規制となる雨量は、各種の試験等の実施が困難な問題から斜面の条件は考慮されずに管理団体ごとに設けられている。本研究は、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」を決定することを試みるものである。

2. 有効雨量の決定の概要

斜面の抵抗力が小さければ少量の雨量で崩壊し、抵抗力が大きければ多量の雨量が降らなければ崩壊が発生しない。そこで本研究では比較的入手しやすいデータから斜面の抵抗を評価するため、まず、式(1)、(2)に示すロジットモデル^{1, 2)}を適用し、斜面の非崩壊モデル（抵抗力を評価するモデル）を構築する。

$$P_n = \frac{1}{1 + \exp(-V_n)} \quad (1) \quad V_n = \theta_0 + \theta_1 X_{n1} + \theta_2 X_{n2} + \dots + \theta_k X_{nk} \quad (2)$$

ここで、 P_n :非崩壊確率、 V_n :抵抗ポテンシャル、 θ_k :未知のパラメーター、 X_{nk} :斜面要因である。

モデルの構築過程で算出される V_n は、斜面の総合的な抵抗力を示しており、 V_n が大きいほど抵抗力が大きいと評価され、 V_n 関数を「斜面要因モデル」と呼ぶことにする。次に安全率の考え方をを用い、要因モデルで求めた抵抗ポテンシャルを用いて、抵抗ポテンシャル（斜面要因）/外力要因（雨量）としてこれを一つの要因とみなし、新たにパラメータ α_k を推定し、再度ロジットモデルを構築する。式(3)を「雨量要因モデル」と呼ぶ。

$$P_n = f(\alpha_0 + \alpha_1 \frac{V_n}{X}) = \frac{1}{1 + \exp[\alpha_0 + \alpha_1 (V_n/X)]} \quad (3)$$

ここで、 P_n :崩壊確率、 V_n :抵抗ポテンシャル、 α_k :未知のパラメーター、 X :雨量、である。

V_n/X は抵抗力を外力で除する形となっており、安全率の形となっている。こうして構築された斜面の抵抗力の評価を含んだ雨量要因モデルを用いてある崩壊確率に相当する有効雨量を算出することを考える。雨量要因モデルから有効雨量を決定するにあたり、崩壊確率(P_n)を一つのものさしと考えることにより、次のような有効雨量（規制値）を決定することが考えられる。

- ①「崩壊確率が急増する（最大勾配になる）点の雨量」
- ②「規制対象区間内の斜面数(N)に対し、一箇所の崩壊が発生する確率(1/N)に相当する崩壊確率に対する雨量」

3. 有効雨量の算出

（斜面要因モデル）今回用いたデータは試験的に通行規制の上から、1976年～1985年の中央道中津川～飯田のインター間の斜面データ（崩壊斜面8箇所、非崩壊斜面6箇所、計74箇所）を用いた^{3, 4)}。斜面要因は、要因間の相関・崩壊の有無との相関から表-1の要因を用いてモデルを構築し、t検定により抽出された要因パラメータを表-2に示す。表中の弾性値は要因の影響度を示し、その絶対値が大きいほど影響度が高いとされ、正の符号は抵抗要因、負の符号は外力的要因として解釈でき、工学的にも説明可能な結果が得られている。

（雨量要因モデル）雨量は、時間雨量、連続雨量、式(4)で定義され

表-1 斜面の分析要因

大地形	堆積型: $x_1=1$, 隆起型: $x_1=0$
法面形状	扁平: $x_2=1$, 非扁平: $x_2=0$
土地利用	開拓: $x_3=1$, 未開拓: $x_3=0$
地層区分	土砂: $x_4=1$, 岩: $x_4=0$
風化	新鮮: $x_5=1$, 風化: $x_5=0$
亀裂	あり: $x_6=1$, なし: $x_6=0$
断層	あり: $x_7=1$, なし: $x_7=0$
湧水	あり: $x_8=1$, なし: $x_8=0$
法面保護工	植生以外の保護工: $x_9=1$, 他: $x_9=0$
法面延長	延長方向, m単位 (数的要因)
全直高	m単位 (数的要因)
法勾配	1: β (数的要因)
小段幅	m単位 (数的要因)

表-2 斜面要因モデル

	θ_k
選択肢固有 タミ変数 θ_0	3.7429 (2.6317)
大地形 (堆積型) θ_1	-2.6452 (2.2313)
法面保護工 (植生以外の保護工) θ_9	3.6321 (2.8495)
全直高 θ_{11}	-0.10565 (2.0348)
的中率	90.5%
尤度比 ρ	0.689

()内は t 値

表-3 雨量要因モデル

	時間雨量Rh	連続雨量R	実効雨量Rw
選択肢固有 パラメータ	α_0	α_1	α_2
	-1.6689 (3.5636)	-1.7133 (3.6867)	-1.8971 (4.1072)
	α_1	α_2	α_3
	-26.451 (3.3674)	-133.71 (3.7658)	-95.677 (3.3720)
的中率	97.8(%)	98.2(%)	97.9(%)
尤度比	ρ	0.876	0.889

()内は t 値

る実効雨量を用いた。なお、半減期を変えて崩壊との相関を調べた結果をもとに、半減期を24時間に決定している。

$$Rw = \sum a_i \cdot R_i$$

$$= a_1 R_{1i} + \dots + a_n R_{ni} \quad (4)$$

ここに Rw : 実効雨量, R_{1i} : i 時間前の1時間雨量,

a_i ; i 時間前の減少係数, $a_i = 0.5^i / T$ (T :半減期)

表-3に、連続雨量(R), 実効雨量(Rw), 時間雨量(Rh) についての雨量要因モデルの構築結果を示した。

また、図-1, 2, 3を用いて①, ②の両法からある崩壊確率に相当する有効雨量を決定する。ここで実線は V_a である斜面の抵抗にこの規制区間内平均の抵抗ポテンシャル (V_{av}) 用い、雨量を変化した場合の関係を示している。それぞれの各手法で求めた表-4の有効雨量から、①, ②の両者はほぼ近い値として得られており、本研究では平均値を有効雨量と決定することにした。これより、中津川～飯田区間での有効雨量は時間雨量38mm, 連続雨量193mm, 実効雨量で143mmと有効雨量が算出された。なお、この区間の連続雨量は150mmで今回の試算した値は若干大きくなっているが、斜面の抵抗力が評価されていることによるものと考えられる。

4. あとがき

斜面抵抗を評価する要因として「堆積型の大地形」「全直高」(外力的要因)及び「植生以外の保護工」(抵抗力的要因)を特定化することができ、また、本提案手法により、中津川～飯田区間での有効雨量は実効雨量で143mm、連続雨量193mm、時間雨量37mmと算出され、有効雨量の決定法としてロジットモデルを適用することで斜面要因を考慮した有効雨量を決定することが可能であることが得られた。

【参考文献】

1)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/II-13, pp. 115-124, 1989. 2)土木計画学研究委員会：土木計画学講習会テキスト15, pp25~45, 1984. 3)高速道路技術センター：名古屋管理局のり面等防災検討, 1987. 4)気象協会：アメダス降雨量データ, 1976-1985.

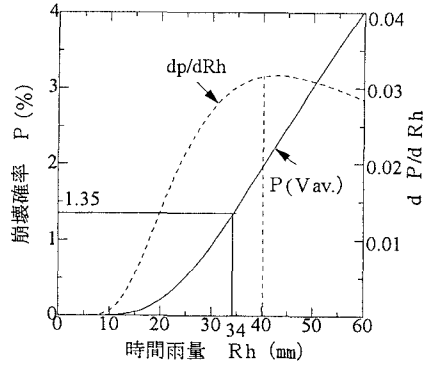


図-1 有効雨量の評価 (時間雨量)

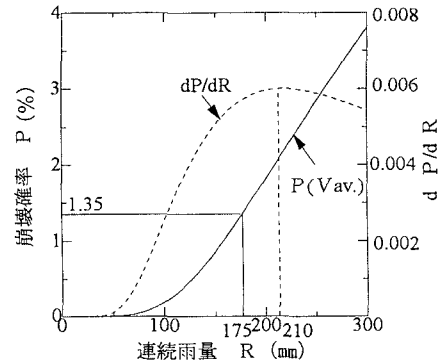


図-2 有効雨量の評価 (連続雨量)

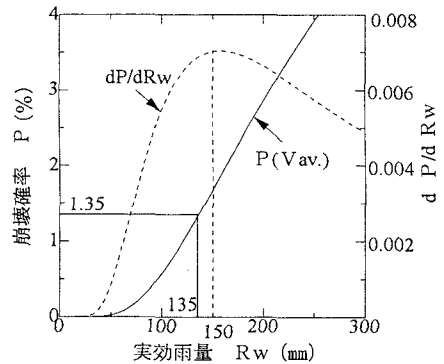


図-3 有効雨量の評価 (実効雨量)

表-4 有効雨量の計算結果

	時間雨量Rh	連続雨量R	実効雨量Rw
方法①	40mm	210mm	150mm
方法②	34mm	175mm	135mm
平均値	37mm	193mm	143mm