

数量化分析Ⅱ類による切土のり面の危険降雨の判別

復建調査設計 (株) 正員 西 邦正, 山口大学工学部 正員 古川浩平
日本道路公団 正員 小川 健, 山口大学工学部 正員 中川浩二

1. はじめに

本研究では供用中豪雨により崩壊したのり面を対象とし、筆者らが既に提案したのり面評価要因¹⁾ (地形要因、地質要因、土工要因) に時間要因 (供用開始後の経過期間) と降雨要因 (累積降水量、一時間最大降水量、降雨継続時間、降雨パターン) を加え、崩壊・未崩壊の判別システムを構築する。分析に用いたデータは、3岩種 (変成岩、堆積岩、火成岩) の地山に建設された切土のり面より収集した。

2. のり面崩壊を引き起こした降雨の例

図-1はのり面崩壊を引き起こした降雨の累積降水量と一時間最大降水量の関係を示したものである。図中黒印は崩壊時、白印は未崩壊時の降雨を意味し、変成岩 (黒色片岩) 地山、堆積岩 (砂岩・頁岩) 地山および火成岩 (花崗岩) 地山ののり面について図化している。未崩壊時の降水量²⁾ は、のり面崩壊以前において第一番目から第三番目に多かった累積降水量を基本に抽出し図化している。同図によれば、崩壊時と未崩壊時の降雨を明確に分類することは困難なようである。

図-2は図-1中の3岩種について、それぞれ崩壊時まで経験した降雨の履歴例を矢印で図化している。この図に示すように、これらのデータの中には崩壊発生以前において崩壊時よりも多い降水量を経験しているのり面が多数混在していることが分かる。

3. データの検定とアイテムの簡素化

降雨中「崩壊した」か「崩壊しなかった」かの判別を行うために、まず表-1に示すアイテムとカテゴリーの区分基準を考えた。ただし、統計量として有意性を持たないアイテムは統計解析を行う際に配慮が必要であり、工学的には現場技術者にとってデータ量の簡素化が重要と考えられる。そこで、各アイテム間の独立と非独立の程度を定量的に評価するためにクラマーのコンティンジェンシー係数^{3), 4)} (C_r) を求め、分析上有意味なアイテムの抽出を行った。この係数 (C_r) は属性間の関連の程度を示す係数であり、属性間が完全独立 (無関連) である時0、独立でない時1となる。

これより、のり面評価要因の10項目の中から地質要因としては節理等の状態 (C) 要因、地形要因としては降雨水の集中度 (G) 要因をアイテムに代表させることとした。土工要因は地質要因や地形要因に比べて3項目の内容に類似性がないので、計算結果に準じて変成岩地山ではのり高さ (H) 要因、堆積岩地山および火成岩地山ではのり面保護工 (J) 要因に代表させることとした。以上より、8アイテム・30カテゴリーに簡素化したデータを基本として以下の分析を行った。

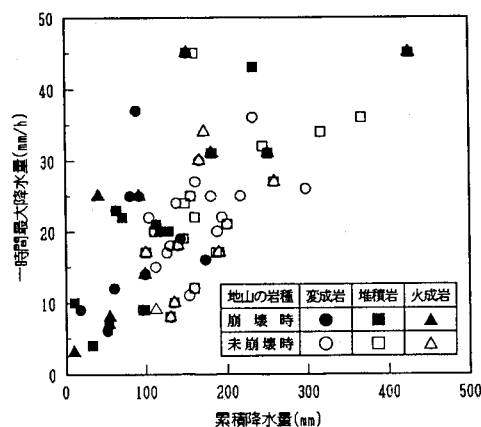


図-1 累積降水量～一時間最大降水量関係図

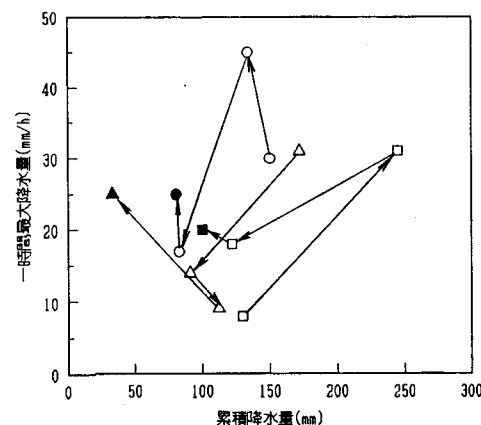


図-2 降雨履歴例とりのり面の崩壊・未崩壊

4. 数量化理論による分析結果および考察

「地質、地形、土工、時間、降雨の各要因が揃った場合」のデータについて、降雨中崩壊したのり面を対象として、降水量が「多い」か「少ない」かといった質的要因に対して、ある降雨により「崩壊した（降雨が引き金となりのり面が崩壊した）」か「崩壊しなかった（降雨は引き金とならずのり面は崩壊しなかった）」か、といった質的な形で与えられる外的基準を説明するために数量化分析Ⅱ類⁵⁾を適用した。

各クラス分析結果を表-2に示す。これは岩種ごとに左側の欄に崩壊・未崩壊に対する正判別率、右側の欄にレンジを一覧表としてまとめたものである。ここで、崩壊・未崩壊降雨の正判別率とは、実際に崩壊を引き起こした降雨（崩壊降雨）を「崩壊した」と判別した率、崩壊を引き起こさなかった降雨（未崩壊降雨）を「崩壊しなかった」と判別した率およびこれらを総合して崩壊あるいは未崩壊に至る降雨を正しく判別した率である。表-2より、いずれの岩種についてものり面の崩壊を引き起こした降雨を「崩壊した」と判別した率は極めて高く、本研究で対象とした地域のデータでは100%であった。そして崩壊を引き起こさなかった降雨を「崩壊しなかった」と判別した率は70~90%であり、崩壊・未崩壊降雨の判別は平均的に80%以上であった。本研究で用いたデータは崩壊しなかった降雨の降水量が多いデータを数多く含んでいるにもかかわらず、本手法で構築したシステムでは「崩壊した」降雨は確実に危険と判別し、「崩壊しなかった」降雨についても非常に高い率で判別していると言える。すなわち、危険降雨を安全側の立場で判別できるシステムが構築できていることが分かる。また、各岩種の地山に建設されたのり面が降雨時に崩壊するかどうかの判別については、レンジの大きさからのり面評価要因（地形、地質および土工要因）が大きく影響していることが分かる。

5. おわりに

供用中降雨時に崩壊したのり面の地質要因、地形要因および土工要因に関するデータとのり面の建設位置に対応した降雨データは、相互に関連付けて収集・整理されている場合ばかりでなく、状況によっては入手できないデータ（情報）もある。したがって情報量に制約を受けた場合の評価および危険降雨の判別を行う上での影響因子についても検討を加えつくりである。

参考文献 1) 西 邦正・古川浩平・中川浩二：ファジ理論を用いたのり面崩壊要因および崩壊可能性の評価について、土木学会論文集，No.445/Ⅲ-18，pp.109~118，1992.3.， 2) 気象庁下関気象台：地域気象観測毎時降水量日報， 3) 安田三郎：社会統計学，丸善，pp.35~76，1969.， 4) 毛利正光・西村 昂・本田義明：土木計画学，国民科学社，pp.47~52，1985.， 5) 奥野忠一・芳賀敏郎・久米 均・吉沢正：多変量解析法，日科技連，1975.

表-1 アイテムとカテゴリーの区分基準

アイ テ ム		カ テ ゴ リー		区 分 規 準		備 考	
地 質	A	地山地質	1	Very Low	評価ランク1	のり面評価表に示したのり面評価要因 (参考文献1)参照	
			2	Low	評価ランク2		
			3	Medium	評価ランク3		
			4	High	評価ランク4		
			5	Very High	評価ランク5		
要 因	B C D E	土質分類 節理等の状態 節理等の傾斜 被覆層・風化層	.	.	.		
			.	.	.		
			.	.	.		
			.	.	.		
地 形 要 因	F G	地下水・湧水 降雨水の集中度	.	.	.		
			.	.	.		
土 工 要 因	H I	のり高さ のり勾配	.	.	.		
			.	.	.		
時 間	J	のり面保護工	46	Very Low	評価ランク1		
			47	Low	評価ランク2		
			48	Medium	評価ランク3		
			49	High	評価ランク4		
			50	Very High	評価ランク5		
降 雨	K	供用後の期間	51	短 い	5年未満	供用開始時から降雨発生時または崩壊発生時までの期間 降雨発生期間中での最大値	
			52	中くらい	5年～10年		
			53	長 い	10年以上		
			54	少ない	20mm/h未満		
			55	中くらい	20mm/h～30mm/h		
要 因	L	一時間最大降水量	56	多 い	30mm/h以上		5h以上の無降雨時間がない場合の降水量の累計値 累積降水量の採用時間
			57	少ない	100mm未満		
			58	中くらい	100mm～200mm		
			59	多 い	200mm以上		
			60	短 い	20h未満		
要 因	M	累積降水量	61	中くらい	20h～40h		
			62	多 い	40h以上		
			63	前 半	前半に多く降る	対象とする降雨により設定	
			64	中 盤	中盤に多く降る		
			65	後 半	後半に多く降る		

表-2 崩壊・未崩壊の判別結果とレンジの一覧

地山の 岩 種	正 判 別 率			レ ン ジ							
	崩 壊 降 雨	未崩壊 降 雨	全体の 評 価	のり面評価要因			時間要因				
				地 質	地 形	土 工	供用後の 経過期間	一時間最 大降水量	累 積 降 水 量	降 雨 継続時間	降 雨 パター
変成岩	100.0	72.2	79.2	0.943	1.000	0.399	0.430	0.254	0.256	0.142	0.236
堆積岩	100.0	87.9	90.0	0.585	0.414	0.462	0.969	0.759	0.331	0.414	1.000
火成岩	100.0	90.5	92.9	1.000	0.490	0.558	0.377	0.278	0.118	0.090	0.043