

VI-250 降雨時に崩壊した切土のり面における 時間ごとの崩壊・未崩壊の判別について

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、切土のり面の崩壊を引き起こした降雨（危険降雨）と崩壊を引き起こさなかった降雨を対象として、降雨開始から1時間ごとに崩壊・未崩壊が判別できるシステムの構築を試みた。使用した資料は、高速道路の供用中、豪雨時にのり面に変状（崩壊）が生じた際に作成された調査資料である。これらは変成岩（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それぞれ整理した。

2. 時間経過に伴う危険降雨の重判別分析

(1) 分析に採用した要因と分析方法

筆者らの研究結果^{2), 3)}に基づき、分析を行うためのアイテムとして、表-1に示すアイテムとそのカテゴリ区分基準を考えた。そして、データの独立性に関する検定結果に基づきデータの簡素化（方法については参考文献³⁾を参照）を図り、表-2の一例に示すような入力データを整理した。ここで、降雨量については地域気象観測日報⁴⁾に記録されている1時間ごとの降雨データを用いた。そして、「崩壊した」場合はのり面崩壊発生日時に対応する降雨データ、「崩壊しなかった」場合は同様の観測所の観測データの中から累積降水量が大きい順に、降雨1・降雨2・降雨3の3種類の降雨データを整理した。そして、目的変数は次のように設定した。

1群：崩壊した（崩壊降雨：降雨が引き金となりのり面が崩壊した）

2群：崩壊しなかった（未崩壊降雨：降雨は引き金とならずのり面は崩壊しなかった）

以上より、のり面崩壊を「引き起こした降雨」と「引き起こさなかった降雨」に対して重判別分析⁵⁾を行った。なお、本研究で収集した資料では大半ののり面が降雨開始から20時間までに崩壊しているため、この時間までのデータを分析の対象とした。分析結果は、降雨継続時間と規準化した判別得点との関係で整理した。

(2) 分析結果

図-1は崩壊降雨を「崩壊する」とよく判別できた堆積岩地山ののり面No.9の例である。一方、図-2は良好に判

表-1 安定性評価のためのアイテム、
カテゴリ区分基準

アイテム	カテゴリ	区分基準	備考
地質要因	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 ¹⁾
	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	
地形要因	1	評価ランク1	
	2	評価ランク2	
	3	評価ランク3	
	4	評価ランク4	
	5	評価ランク5	
土工要因	1 Very Low	評価ランク1	
	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	
時間要因	1 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
	2 中くらい	5年～10年	
	3 長い	10年以上	
	4 少ない	20mm/h未満	
	5 中くらい	20mm/h～30mm/h	
降雨要因	1 少ない	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
	2 中くらい	100mm～200mm	
	3 多い	200mm以上	
	4 短い	20h未満	
	5 中くらい	20h～40h	
要因	1 前 半	前半に多く降る	対象とする降雨により判定
	2 中 盤	中盤に多く降る	
	3 後 半	後半に多く降る	
	4 前 半	前半に多く降る	
	5 中 盤	中盤に多く降る	

表-2 降雨開始10時間後の入力データ例
(変成岩地山の場合)

要因	No.	地山地質	土質分類	のり面経過年数	降雨継続時間	累積降水量	時間最大降水量	降雨要因	
外的要因				保工工 (年)	(mm)	(mm/h)		パターン	
崩壊	1	3	1	3	2	10	57	12	2
	2	5	2	3	10	45	7	3	3
	3	4	1	3	11	45	20	3	1
	4	4	2	2	8	50	31	1	1
	5	3	1	2	11	45	20	3	3
	6	3	2	2	11	45	20	3	3
	7	4	1	4	10	31	9	1	1
	8	3	1	4	11	49	20	3	3
	9	3	1	1	12	6	3	3	3
	10	4	1	2	12	6	3	3	3
	11	3	3	3	12	6	3	3	3
崩壊	1	3	1	3	0	45	7	3	3
	2	5	2	3	10	45	7	3	3
	3	4	1	3	10	45	20	3	1
	4	4	2	2	8	50	31	1	1
	5	3	1	2	10	45	7	3	3
	6	3	2	2	10	45	7	3	3
	7	4	1	4	4	73	32	2	2
	8	3	1	4	8	18	6	3	3
	9	3	1	1	8	45	14	1	1
	10	4	1	2	12	50	9	1	1
	11	3	3	3	12	50	9	1	1
崩壊	1	3	1	3	0	45	14	1	1
	2	5	2	3	10	45	7	3	3
	3	4	1	3	10	57	12	2	2
	4	4	2	2	8	15	2	3	3
	5	3	1	2	10	57	12	2	2
	6	3	2	2	10	57	12	2	2
	7	4	1	4	6	71	36	2	2
	8	3	1	4	4	73	32	2	2
	9	3	1	1	10	19	5	1	1
	10	4	1	2	12	40	24	1	1
	11	3	3	3	12	40	24	1	1
崩壊	1	3	1	3	1	4	1	1	1
	2	5	2	3	10	45	7	3	3
	3	4	1	3	11	7	2	3	3
	4	4	2	2	5	52	16	3	3
	5	3	1	2	11	7	2	3	3
	6	3	2	2	11	7	2	3	3
	7	4	1	4	5	102	34	2	2
	8	3	1	4	10	31	14	1	1
	9	3	1	1	0	27	14	1	1
	10	4	1	2	11	42	19	2	2
	11	3	3	3	11	42	19	2	2

備考
① 崩壊の発生は、降雨継続時間、降雨量、土質、地質、地形、地質

備考 表中の空白は降雨開始後10時間経過するまでにのり面が崩壊したことを意味する。

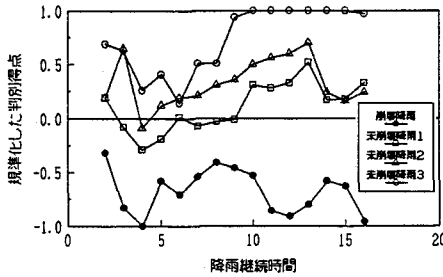


図-1 危険降雨が良好に判別できた例

別できなかった変成岩地山ののり面No. 2の例である。このように同様の手法で行った分析結果でありながら、個々ののり面によって判別状況は様々である。これは、のり面評価要因と降雨継続中の降雨要因との関連の度合い（崩壊・未崩壊の判別に及ぼす影響の程度の違い）によるものと考えられる。分析結果によれば、崩壊・未崩壊の正判別率は、変成岩地山、堆積岩地山、火成岩地山ののり面についてそれぞれ74.4%、68.1%、81.0%であることから、いずれも良好な判別能力を有したシステムが構築できていると考えられる。

図-3～図-5は、各岩種の地山に建設されたのり面の中から崩壊降雨を「崩壊した」と正しく判別できたのり面を選び、崩壊降雨と様々な降雨量（崩壊時の降雨量に対して多い場合、同程度の場合、少ない場合の3ケース）の未崩壊降雨について、構築したシステムより出力された判別得点の変化傾向を示したものである。図中、凡例の括弧内の数値は累積降水量を意味している。これらより、未崩壊時の判別得点の大きさは降雨量の大きさによらず岩種ごとに異なることがわかる。そして岩種別に構築した判別システムは、様々な量の降雨に対して危険降雨であるか否かが良好に判別できることがわかる。誤判別が生じた未崩壊降雨については、時間の経過に伴って判別境界値付近（判別得点0の付近）を推移することから「およそ未崩壊であろう」との判断はできると思われる。

3. まとめ

本研究では降雨期間中に、時間の経過に伴ってのり面崩壊を引き起こすか否かを判別するシステムの構築方法を示した。ただし、のり面崩壊の影響因子は多種多様であり、地盤条件や降雨条件には地域特性があるので、他の地域ののり面について検討する場合には、別のシステムを構築する必要がある。

参考文献

- 1)奥田誠之：斜面防災100のポイント，鹿島出版会，pp.154，1987.，2)西 邦正・古川浩平・中川浩二：ファジ理論を用いたのり面の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.，3)西 邦正・古川浩平・小川 健・中川浩二：豪雨時における切土のり面の崩壊誘因評価と崩壊・未崩壊の判別について，土木学会論文集，No.480/Ⅵ-21，pp.127～136，1993.12.，4)気象庁下関気象台：地域気象観測毎時降水量日報，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，1975.3.

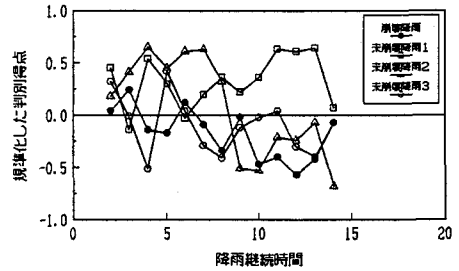


図-2 危険降雨が良好に判別できない例

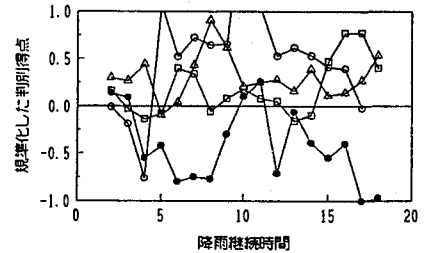

崩壊時(170mm) 未崩壊時(53mm)
未崩壊時(121mm) 未崩壊時(176mm)

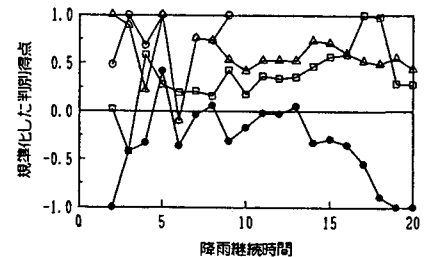
図-3 崩壊降雨と未崩壊降雨の判別得点
(変成岩地山：のり面No. 6の場合)

崩壊時(172mm) 未崩壊時(78mm)
未崩壊時(142mm) 未崩壊時(251mm)

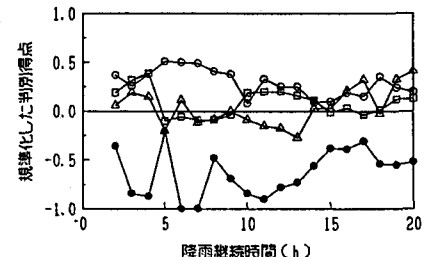
図-4 崩壊降雨と未崩壊降雨の判別得点
(堆積岩地山：のり面No. 4の場合)

崩壊時(54mm) 未崩壊時(85mm)
未崩壊時(134mm) 未崩壊時(245mm)

図-5 崩壊降雨と未崩壊降雨の判別得点
(火成岩地山：のり面No. 1の場合)