

のり面崩壊を引き起こした降雨の時間ごとの判別について

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

降雨期間中での切土のり面の防災管理¹⁾を行うためには、降雨開始時から時間の経過に伴って変化する降雨量に対し、時間ごとに危険降雨(のり面崩壊を引き起こす降雨)かどうかを判別することが重要である。そこで本研究では重判別分析により、崩壊を引き起こした降雨と崩壊を引き起こさなかった降雨を対象とし、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

筆者らの研究結果に基づき、分析を行うためのアイテムとしてののり面評価要因²⁾(地質要因、地形要因、土工要因)、時間要因(供用後の経過年数)および降雨要因(一時間最大降水量、累積降水量、降雨継続時間)を採用した。これらアイテムのカテゴリー区分基準を表-1に示す。そして、データの独立性に関する検定結果³⁾に基づき、のり面評価要因のうち地質要因は「節理等の状態(C)」、地形要因は「降雨水の集中度(G)」、土工要因は変成岩地山の場合「のり高さ(H)」、堆積岩地山の場合「のり面保護工(J)」、火成岩地山の場合「のり面保護工(J)」で代表させることとした。この方法については参考文献³⁾を参照されたい。表-2に3岩種の地山に建設されたのり面のうち、一例として降雨開始10時間後の変成岩地山ののり面の入力データを示す。

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。のり面が「崩壊した」場合の降雨データは、のり面崩壊発生日時に対応する降雨データより作成した。のり面が「崩壊しなかった」場合の降雨データは、同様の観測所の観測データの中から累積降水量を基本に以下の3種類を用いた。

降雨1: のり面崩壊以前の一番目に大きかった降雨量

降雨2: のり面崩壊以前の二番目に大きかった降雨量

降雨3: のり面崩壊以前の三番目に大きかった降雨量

表-1 安定性評価のためのアイテム、カテゴリー区分基準

アイテム	カテゴリー	区分基準	備考
地質	A	地山地質	
	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
要因	B	土質分類	
	C	節理等の状態	
	D	節理等の傾斜	
	E	崩壊層・風化層	
	F	地下水・湧水	
地形	G	降雨水の集中度	
	H	のり高さ	
	I	のり勾配	
	J	のり面保護工	
	K	のり面保護工	
土工	L	供用後の期間	
	M	一時間最大降水量	
	N	累積降水量	
	O	降雨継続時間	
	P	降雨パターン	

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)

項目	地山地質	土質分類	節理等の状態	節理等の傾斜	崩壊層・風化層	地下水・湧水	降雨水の集中度	のり高さ	のり勾配	のり面保護工	供用後の期間	一時間最大降水量	累積降水量	降雨継続時間	降雨パターン
1	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
6	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
7	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
8	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
9	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
10	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
11	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
13	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
14	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
16	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
17	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
18	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
20	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
21	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
22	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
23	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
24	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
25	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
26	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
27	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
28	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
29	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
30	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
31	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
32	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
33	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
34	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
35	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
36	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
37	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
38	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
39	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
40	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
41	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
42	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
43	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
44	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
45	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
46	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
47	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
48	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
49	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
50	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
51	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
52	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
53	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
54	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
55	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
56	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
57	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
58	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
59	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
60	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
61	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
62	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
63	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
64	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
65	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

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、雨の降り始めから1時間ごとの降雨に対してそれぞれデータを作成し、「崩壊を引き起こした降雨」と「崩壊を引き起こさなかった降雨」について重判別分析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、分析は降雨開始から20時間までのデータを対象として行った。

(2) 分析結果

図-1は堆積岩地山の6つの崩壊のり面について、崩壊を引き起こした降雨の判別得点の経時変化（資料整理時に設定したのり面番号の順に図化した）を示したものである。出力された判別得点の判別境界値は0であり、崩壊時の降雨（のり面崩壊を引き起こした降雨）は負の値、未崩壊時の降雨（のり面崩壊を引き起こさなかった降雨）は正の値で与えられている。そして判別得点の絶対値が大きいくほど危険降雨か否かが明らかに判別できることを意味している。

同図より、降雨開始からしばらくは誤判別があるが、時間の経過と共に崩壊降雨を「崩壊する」と正しく判別できるようになることが分かる。同じのり面について、図-2(a)は未崩壊時の降雨1（のり面崩壊を引き起こさなかった降雨のうち、のり面崩壊以前の一番目に大きかった降雨量）、図-2(b)は未崩壊時の降雨3（のり面崩壊を引き起こさなかった降雨のうち、のり面崩壊以前の三番目に大きかった降雨量）をそれぞれ図化したものである。未崩壊降雨については、同じ岩種の地山であってものり面の違いによって「崩壊しない」と正しく判別できた場合とそうでない場合があることが分かる。未崩壊時の降雨1と降雨3の判別得点の時間変化傾向は降雨量の違いによって異なるが、崩壊降雨の場合のような特徴は見受けられず、降雨1と降雨3を合わせて考えると、判別得点は時間にかかわらずばらついているようである。

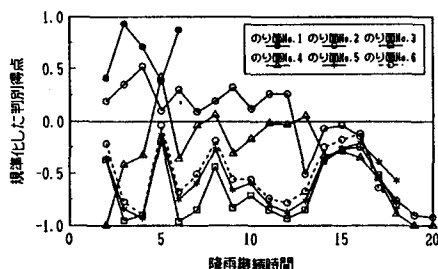


図-1 崩壊のり面の判別得点の経時変化例（堆積岩地山ののり面）

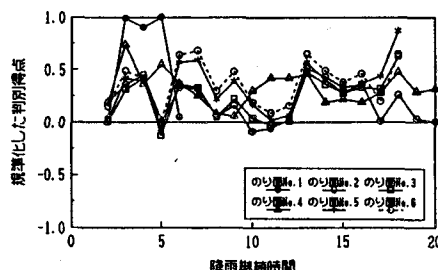


図-2(a) 未崩壊のり面の判別得点の経時変化例（堆積岩地山ののり面で降雨1の例）

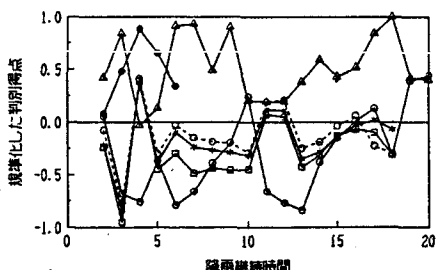


図-2(b) 未崩壊のり面の判別得点の経時変化例（堆積岩地山ののり面で降雨3の例）

3. あとがき

本文では紙面の都合により他の岩種での出力結果は省略したが、判別得点の時間変化傾向は異なっていた。このことが岩種特性を意味するかどうかは明らかにできないが、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。したがって他の地域ののり面について検討する場合には、今回と同じアプローチを行うことにより、別のシステムを構築する必要があると考えられる。

参考文献 1)奥國誠之：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：フェ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，土木学会論文誌，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，土木学会論文誌，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，日科技速，1975.3.