

116 重判別分析を用いた個別斜面におけるがけ崩れ発生限界雨量線の設定に関する研究

山口大学工学部 ○倉本和正 山口大学大学院 守川 倫
 山口県土木建築部 鉄賀博己 八千代エンジニアリング(株) 菊池英明
 建設省土木研究所 門間敬一 山口大学工学部 古川浩平

1. はじめに

急傾斜地におけるがけ崩れの発生予測手法として提案されている発生限界雨量線(以下, CL)は, 従来降雨要因を用いて設定されているが, 危険度の異なる斜面が観測エリア内に混在する場合, 空振り頻度が高くなる. 本研究は, それらの問題を軽減する試みとして, 重判別分析を用いて降雨要因と斜面要因を考慮した個別斜面におけるがけ崩れCLの設定を行った.

2. 対象地域及び対象データの抽出

対象地域にはがけ崩れ災害の多い下関市南部を選定した. 対象とする斜面は下関気象台を中心とする半径 5km 円内に存在する安山岩の自然斜面とし, その中で過去に発生が報告されている場合を発生斜面, それ以外を非発生斜面とした. また, 対象とするがけ崩れは発生から 3 時間以前に 20mm/hr 以上の時間雨量を経験したものに限定した. 対象とする降雨は下関気象台において'75~'98 までに観測されたアメダスデータとし, 解析に用いる発生降雨の抽出点は, 発生推定時刻から 3 時間以内の最大時間雨量が観測された時刻とした. また, 非発生降雨においては対象地域内で発生が報告されていない一連降雨とし, 抽出点は一連降雨における最大時間雨量の観測時刻とした.

3. がけ崩れ発生予測システムの構築

がけ崩れの発生予測モデルを構築するために, 本研究においては幾つかの量的な説明変数から発生・非発生の質的な外的基準を判別する手法として重判別分析を用いる. システムの構築に際しては, まず降雨要因による解析を行い, 最適な降雨指標の組合せについて検討を行った. 表-1 に降雨指標による解析結果を示す. 表中の数字は解析によって得られたベクトルであり, それにより各要因がシステムに与える影響度を表している. 表より, 発生の判別率が 100%を満足し, かつ非発生の判別率が最も高いのは case-d(時間雨量, 実効雨量(T=72hr))であり, 全体の判別率は 85.6%と非常に高くなっている. しかしながら, 各斜面と降雨とを対応させた場合の判別率は全体で 69.1%となり, 降雨要因のみでは必ずしも精度のよい判別を行うことは困難である. したがって, 最良の降雨指標の組合せを用いて, 斜面要因

表-1 降雨要因による解析結果表

		case-a	case-b	case-c	case-d	case-e	case-f	case-g	case-h
短期	時間雨量(mm/hr)	0.680	0.355	0.431	0.482				
	実効雨量(T=1.5)(mm)					0.861	0.566	0.615	0.666
長期	累積雨量(mm)	0.734				0.508			
	実効雨量(T=24)(mm)		0.935				0.824		
	実効雨量(T=48)(mm)			0.902				0.788	
	実効雨量(T=72)(mm)				0.876				0.746
相 関 比		0.569	0.731	0.721	0.694	0.543	0.594	0.618	0.611
正判別率	発生 (%)	29/29	29/29	29/29	29/29	28/29	28/29	29/29	29/29
		100.0	100.0	100.0	100.0	96.5	96.5	100.0	100.0
	非発生 (%)	82/103	83/103	83/103	84/103	86/103	77/103	77/103	80/103
		79.6	80.5	80.5	81.5	83.4	74.7	74.7	77.6
全体 (%)	111/132	112/132	112/132	113/132	114/132	105/132	106/132	109/132	
	84.0	84.8	84.8	85.6	86.3	79.5	80.3	82.5	

表-2 検討ケース一覧表

検討ケース		説 明	システム構築データ		
			発生	非発生	合計
case-1	全斜面+全降雨	未崩壊データに全ての斜面要因と全ての降雨要因(崩壊, 未崩壊降雨)を組合せたケース	29	2881	2910
case-2	全斜面+降雨選別	未崩壊データに全ての斜面要因と未崩壊の降雨要因を組合せたケース	29	2339	2368
case-3	崩壊斜面+降雨選別	未崩壊データに崩壊を経験した斜面要因と未崩壊の降雨要因を組合せたケース	29	1127	1156
case-4	未崩壊斜面+降雨選別	未崩壊データに崩壊を経験していない斜面要因と未崩壊の降雨要因を組合せたケース	29	1212	1241

を考慮した予測システムの構築を試みた.

解析に用いる斜面要因には危険箇所点検(平成 8 年)で調査された 18 要因を用いた. 本研究で行う重判別分析においては, 対象とする 2 群のデータ数に偏りがある場合, 2 群の重心間の距離を最大化させる各要因の係数に影響を及ぼす. 斜面要因を考慮して解析を行う場合, 発生のデータ数 29 に対して非発生 2881 と非常に多くなるため, 表-2 に示すようにシステム構築につい

では全データを用いる場合の他に、降雨要因及び斜面要因をそれぞれ選別した3ケースを設定した。ただし、選別する際に削除したデータについても構築されたシステムの判別率の計算には取り入れ、最終的に全データでシステムの有効性を検討した。表-3に解析結果を示す。表中の判別率をみると、最良のケースが case-1 の 62.2%であり、前出の降雨要因による判別率よりも低くなっている。その原因としては、上述した通り両グループ間のデータ数の格差が考えられるため、さらに非発生データの選別を行った。その手段としては一回の計算において、システムが非発生と判別した非発生データを削除し、残されたデータを用いて再度計算を行う。この方法を繰り返すことで、非発生データは徐々に選別されていくことになり、最終的に発生の判別率が 100%を満足し、かつ非発生の判別率を最高にすることが可能である。表-4はこの方法を用いた場合の解析結果を示す。表には、設定した要因について相関の高い要因を削除し、さらに、解析上矛盾を生じる要因を段階的に絞り込んだ最終的な結果を示す。ここで、表中の「-」は相関の高い要因であり、初期段階から削除したことを、また「×」は要因を絞り込む段階で削除したことをそれぞれ示している。また、最終的に残った要因が各ケースにおいて発生・非発生を判別する上で重要なものとなっている。表より、最も正解率が高いのは case-4 の 84.9%であり、降雨要因のみの場合に比べ 15%以上の精度向上が見られた。以上のことから、がけ崩れの発生予測モデルの構築にあたっては、case-4 におけるデータ選別が有効であり、さらに構築されたシステムにおいて非発生データを徐々に削除していき、システムを随時更新して行くことが精度向上につながるものと考えられる。

4. がけ崩れ発生限界雨量線への適用

斜面要因を考慮した斜面毎のがけ崩れ CL は、構築した発生予測システムを用いて設定することが可能である。図-1 に case-4 で得られた係数を用いて設定した CL の一例を示す。図-1 のスネーク曲線は実際災害が発生したときのものを示し、太線は発生斜面の CL を、細線は非発生斜面の CL (一例) をそれぞれ示している。なお、図中の◆は発生推定時刻を示している。図より明らかかなように、発生斜面についてはスネーク曲線が CL の右側、すなわち危険領域に入っているが、非発生斜面については危険領域に入ることなく推移しており、斜面要因を考慮することで同一降雨であっても発生・非発生を正しく判定することが可能となった。

5. おわりに

降雨要因と斜面要因を考慮した判別においては、データ数の偏りがシステムに大きな影響を与えるため、非発生データの選別を行うことで精度の高いシステムの構築が可能であった。また、構築したシステムを用いて危険度の異なる斜面に対してそれぞれ個別に CL を設定することができた。

表-3 解析結果表

検討ケース	case-1	case-2	case-3	case-4	
正判別率	発生(%)	29/29	29/29	29/29	29/29
	非発生(%)	1781/2881	1418/2881	1469/2881	1083/2881
	全体(%)	1810/2910	1447/2910	1498/2910	1112/2910
		62.2	49.7	51.4	38.2

表-4 最良ケースにおける解析結果表

検討ケース	case-1	case-2	case-3	case-4	
傾斜度	0.254	0.167	0.207	0.090	
斜面高さ	×	×	×	×	
斜面方位	0.226	0.133	0.153	0.112	
斜面形状	×	×	×	×	
オーバーハング	×	×	—	—	
遷急線	×	×	×	×	
地表の状況	×	×	×	×	
表土の厚さ	0.136	0.075	0.080	0.038	
地盤の状況	0.014	0.003	×	—	
不連続面との関係	×	×	0.021	×	
風化状況	×	×	×	×	
植生の種類	×	×	×	×	
樹木の樹齢	0.185	0.084	—	×	
伐採根の状況	0.068	0.036	×	0.185	
調査斜面(崩壊履歴)	×	×	0.034	—	
隣接斜面(崩壊履歴)	—	—	0.060	×	
湧水	×	×	×	×	
活断層との距離	0.166	0.125	0.188	0.071	
時間雨量	0.263	0.625	0.613	0.623	
実効雨量(半減期72hr)	0.854	0.731	0.714	0.742	
正判別率	発生(%)	29/29	29/29	29/29	29/29
	非発生(%)	1931/2881	2114/2881	2108/2881	2443/2881
	全体(%)	1960/2910	2143/2910	2137/2910	2472/2910
		67.3	73.6	73.4	84.9

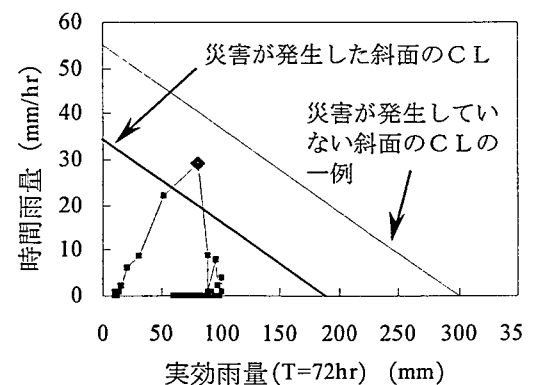


図-1 斜面要因を考慮した CL の一例