

統計的手法による斜面安定度評価項目の選択に関する研究

宇都宮大学大学院 学生会員 阿部田樹里
 宇都宮大学 正会員 清木隆文
 東電設計（株） 富田一夫

1 はじめに

近年、山岳地域の観光地化に伴い、道路沿いの斜面における「斜面崩落事故防止」の認識が高まっている。事故を未然に防ぐには、対策工の実施が望ましいが、広範囲にわたる斜面では、適切な斜面の選定を行わないと、労力・経済性の面で問題が生じる。また、光ファイバーやAE計測による予知（監視）技術の開発¹⁾が行われているが、まだ、広く適用されるには至ってはいない。

そこで本研究では、数量化理論 類を用いて斜面の安定度の評価、崩落現象に寄与する要因の抽出を行う。得られたカテゴリースコアを用いて、マハラノビスの距離を用いて、さらに詳細な判別を行い、判別されたグループごとに、カテゴリーランクの差をとり、安定度の判別に寄与している項目の検討を行う。

2 対象地域の概要

対象地域は、標高 800~1,400m の山地斜面にあり、火山砕屑物や第三紀の地質からなる、比較的急峻な地形を呈する。

3 数量化理論による解析

数量化理論 類は、質的に与えられるデータに適切な数値を与えて、同じく質的な外的基準を判別・予測する多変量解析の一種である²⁾。

3.1 解析手順

解析においては、専門家による判断を外的基準として用いる。危険であると判断される順に、1群、2群、3群とランク付けをする。調査項目については、対象

調査項目	1	2	3	4	5
G1	該当あり	該当なし			
G2G3	両方該当する	1つ該当する	該当なし		
G4	該当する	該当なし			
土質	顕著	やや顕著	該当なし		
岩質	顕著	やや顕著	該当なし		
流れ	該当あり	該当なし			
基盤	顕著	やや顕著	該当なし		
浮石・転石	不安定	やや不安定	安定		
不安定	該当あり	該当なし			
湧水	あり	染み出し	なし		
被覆	裸地・植生	複合植生・構造物	構造物	マークなし	
土砂勾配	H>30m	H 30 i>標準	標準 15 H<30 i 標準 H<15	マークなし	
岩石勾配	H 50m	30 H<50	15 H<30	H<15	マークなし
当該のり面の変状	複数該当明瞭	あり不明瞭	なし		
隣接のり面の変状	複数該当明瞭	あり不明瞭	なし		

図 - 1 調査項目表

地域の「平成 8 年度道路防災総点検」から、調査斜面数の多い、「のり面」、「自然斜面」、「擁壁」を用いた。これらにおいて、アイテム、カテゴリーの統合・削除を繰り返し行い、最終的な解析を行う。初めに用いた調査項目表例を図 - 1 に示す。

3.2 解析結果

「のり面」を例に挙げると、表 - 1 に示した解析結果のカテゴリースコア表において、崩壊に対する寄与が高い項目は、「当該斜面の変状」、次に「崩壊性の岩質」である。「平成 8 年度道路防災総点検」においては「勾配・高さ」への配点が一番大きいので、両者において要因の重み付けが異なる。

4 マハラノビスの距離による判別分析

マハラノビスの距離とは、2 変量のデータが 2 つのグループ G1, G2 に分けられるとき、あるデータ $x = (x_1, x_2)$ と各グループの中心との距離 D_{G1}, D_{G2} を分散・共分散を利用して求めたものである。G1, G2 から等距離にある点の集まりは 2 次曲線をなし、2 つのグループの境界線となる。例えば $D_{G1} < D_{G2}$ のとき、データはグループ 1 の方により近いので、グループ 1 に属するとする³⁾。

4.1 解析結果

例として、「のり面」の専門家による崩壊危険度の

表 - 1 カテゴリースコア表

項目名	カテゴリ名	個数	カテゴリスコア	レンジ	偏相関
G有無	1 該当あり	47	0.0528		
	2 該当なし	23	-0.1078	0.1606	0.1403
土質	1 やや顕著 - 顕著	28	0.0518		
	2 該当なし	42	-0.0346	0.0864	0.0696
岩質	1 やや顕著 - 顕著	18	0.4482		
	2 該当なし	52	-0.1551	0.6033	0.4237
浮石・転石	1 やや不安定 - 不安定	24	0.3774		
	2 不安定	46	-0.1969	0.5743	0.3825
不安定	1 該当あり	19	0.3182		
	2 該当なし	51	-0.1185	0.4367	0.2964
湧水	1 あり	10	0.2784		
	2 なし	60	-0.0464	0.3248	0.2340
被覆	1 裸地・植生 or 複合構造物 他	24	0.3217		
	2 構造物 他	46	-0.1678	0.4895	0.3434
勾配	1 岩石勾配	54	0.0774		
	2 土砂勾配	16	-0.2611	0.3384	0.2200
当該のり面	1 複数該当・明瞭	14	0.4784		
	2 あり不明瞭	21	0.1521	0.7610	0.4261
	3 なし	35	-0.2826		
隣接のり面	1 あり	12	0.4714		
	2 なし	58	-0.0975	0.5689	0.3809
外的基準	1群	9	1.8272		
	2群	21	0.6078	相関係数	0.3206
	3群	40	-0.7302	$r^2 = 0.8570$	0.4717 0.3267

キーワード；統計的手法，数量化，斜面崩壊，安定度評価

連絡先；宇都宮市陽東 7 2 1 tel&fax028 689 6218

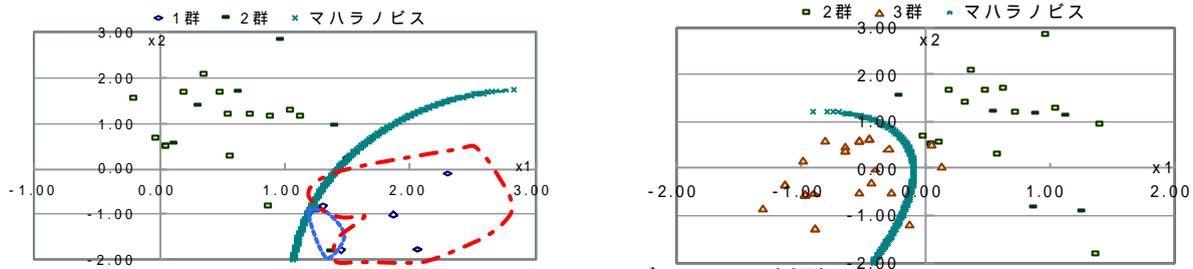
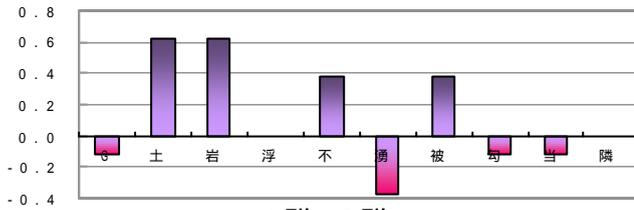


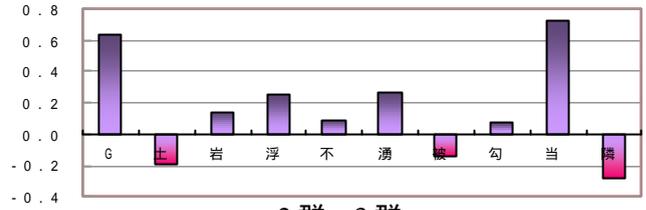
図 - 2 マハラノビスによる判別

のり面	G	土	岩	浮	不	湧	被	勾	当	隣
実績1群の平均	1.1	1.4	1.4	1.0	1.1	1.9	1.6	1.1	1.1	1.0
実績2群の平均	1.0	2.0	2.0	1.0	1.5	1.5	2.0	1.0	1.0	1.0
差	-0.1	0.6	0.6	0.0	0.4	-0.4	0.4	-0.1	-0.1	0.0

のり面	G	土	岩	浮	不	湧	被	勾	当	隣
実績2群の平均	1.4	1.5	1.5	1.4	1.6	1.7	1.5	1.3	1.9	1.9
判別2群の平均	2.0	1.3	1.7	1.7	1.7	2.0	1.3	1.3	2.7	1.7
差	0.6	-0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	-0.1	0.1	0.7	-0.3



1群 - 2群



2群 - 3群

図 - 3 カテゴリーランクの差

判断を色分けした図と、マハラノビスの距離による判別を図 - 2 示す。図を見ると、2つのグループの境界が良く分かる。

5 項目の検討

以上より、1群と2群、2群と3群の詳細な判別が出来た。しかし、専門家の判断では2群であるのに対し、1群に判別されている斜面もある。そこで、ここでは、マハラノビスの距離によって誤判別された調査斜面（図 - 2 の破線内）のカテゴリーランクと、その斜面が属すると判別された群の全調査斜面（図 - 2 の一点鎖線内）のカテゴリーランクを平均したものとを比較して、どのようなカテゴリーが判別に影響を与えるのか検討を行う。カテゴリーランクは、表 - 1 より、危険度の高い順に1, 2, ...となっているので、危険度の低い群から、危険度の高い群のカテゴリーランクの差をとると、過小評価されている項目は正の値となる。図 - 3 に、「のり面」のカテゴリーランクの差を示す。図中の表の項目名は、表 - 1 の項目名に対応しており、色付けされた項目は、カテゴリーランクの差が正となった項目である。これにより、1群の判断には、「崩壊性の土質」、「崩壊性の岩質」、「不安定」、「被覆状況」が影響を与えると考えられる。また、2群の判断には、「崩壊性要因を持つ地形（G）」、「崩壊性の岩質」、「浮石・転石」、「不安定」、「湧水状況」、「勾配」、「当該斜面の変状」が影響を与えると考えられる。

6 まとめと今後の課題

対象地域の「平成8年度道路防災総点検」を用いて数量化2類解析を行った結果、崩壊に対する要因の影響度について矛盾が見られた。「防災点検表」は全国を対象としたものであるため、各地域の特徴を盛り込んだ点検表の検討が必要である。数量化解析を行って得られたサンプルスコアを用いてマハラノビスの距離を求めた結果、さらに詳細な判別が行えた。この判別によりカテゴリーランクの差を求め、項目の検討を行った結果、過小評価されていると考えられる項目がある。1ランクの半分以上の差がある項目、つまり差が0.5以上ある項目については、さらに細かいカテゴリー区分を設ける必要がある。例えば、「崩壊性要因を持つ地形（G）」については、カテゴリーが「該当あり」か、「該当なし」しかないが、「どの程度の規模で該当する」のかなど、主観が入らない定量的に表したカテゴリー設定を行って今後の検討を行う。

参考文献

1) 土木学会：岩盤斜面の安定解析と計測 pp255-337. 2) 菅民郎：多変量解析の実践 上・下，現代数学社，pp1-247, pp1-257. 3) 石村貞夫：すぐわかる多変量解析 東京図書，pp116-175.