

統計的手法による危険度評価に基づく道路斜面安定度調査表の検討

岐阜大学 正員 本城勇介

岐阜大学 正員 浅野憲雄

岐阜大学 正員 大竹 雄

岐阜大学 学生員 (現 日特建設) 木村謙太

1. 背景と目的

本研究は岐阜大学で進めている、リスクに基づく、社会基盤整備の維持管理に関する戦略的に意思決定する手法の開発の一貫として、岐阜県が実施した道路斜面の安定度調査表に基づく落石危険度評価の高度利用を検討するものである。具体的には、本城他(2011)の研究の考え方をもとに、安定度調査表の点検項目が道路斜面の落石危険度に及ぼす影響を定量評価し、さらに、安定度調査票の各点検項目への配点の妥当性と改善について検討するものである。

2. 研究の方法

2.1 使用するデータ

今回斜面危険度評価を行うにあたり使用するデータは、1996 年度道路防災点検において専門家による各種点検対象項目の評価の結果を記述した安定度調査表である。その点検項目は、地形、地質、形状、変状、履歴に関する項目-要因についての評点と、定性的な 3 カテゴリー (要対策、カルテ対応、対策不要) による総合判断で構成されている (表 1)。対象データ数は、岐阜県 (美濃、恵那、下呂、高山、古川) それぞれ 373, 328, 789, 926, 582 箇所 約 3000 斜面である。

表 1 安定度調査表

項目	説明	のり面		自然斜面	
		評点	評点	評点	評点
地形・地質	(1) 崖頂部	0	0	(1) 崖頂部	0
	(2) 崖頂部	0	0	(2) 崖頂部	0
	(3) 崖頂部	0	0	(3) 崖頂部	0
	(4) 崖頂部	0	0	(4) 崖頂部	0
形状・変状	(1) 崖頂部	0	0	(1) 崖頂部	0
	(2) 崖頂部	0	0	(2) 崖頂部	0
	(3) 崖頂部	0	0	(3) 崖頂部	0
	(4) 崖頂部	0	0	(4) 崖頂部	0
履歴	(1) 崖頂部	0	0	(1) 崖頂部	0
	(2) 崖頂部	0	0	(2) 崖頂部	0
	(3) 崖頂部	0	0	(3) 崖頂部	0
	(4) 崖頂部	0	0	(4) 崖頂部	0
総合判断	(1) 崖頂部	0	0	(1) 崖頂部	0
	(2) 崖頂部	0	0	(2) 崖頂部	0
	(3) 崖頂部	0	0	(3) 崖頂部	0
	(4) 崖頂部	0	0	(4) 崖頂部	0

値 (「代表累積頻度率」と呼ぶ) を被説明変数 Y とし、説明変数 X を安定度調査表の斜面崩壊要因項目 (各点検項目を 0-1 変換したカテゴリーデータとした) として、斜面の相対危険度 Ps を推定するモデルを作成した。

ここで扱う説明変数 X は、すべてカテゴリーデータである。通常説明変数が 3 つ以上のカテゴリーを持つ場合には、2 つの説明変数 (「ダミー変数」と呼ぶ) を導入することで、ロジスティック回帰モデルの一般性を失うことなく、解析することができる。このとき情報量規準 AIC 等を用いて、回帰分析モデルに取り込む説明変数の選択を行い、最適モデルを求めた。

安定度調査表結果に基づいて、ロジスティック回帰分析を用いた個別斜面の相対危険度評価を行い、実際の事故データに基づいてキャリブレーションし、各斜面の事故に応じた絶対危険度評価が評価された。

2.3 研究の手順

本研究では、点検項目の影響度や重要性について、統計的に解析するとともに、地盤工学的見地から考察を加える。統計解析は、線形重回帰分析を用い、回帰係数の大きさ等に注目することにより、点検項目の寄与度を評価する。

$$P_s = \beta_0 + \left(-\sum \beta_j x_j \right) \quad (\text{ただし, } 0 \leq P_s \leq 1)$$

P_s : 斜面相対危険度

x : 斜面崩壊要因

β : 回帰係数

線形重回帰分析を採用した理由については、(1) 線形重回帰分析では、回帰係数の解釈、最適モデルの選択などが著しく容易になることと、(2) 本城他(2011)で採用したロジスティック回帰分析と比較して実質的に差異がないことが確認できたためである。これは、本解析が被説明変数として、0-1 変数ではなく、0 と 1 の間の累積被害率を用いるためである。具体的な研究の流れを以下に示す。

STEP1 絶対危険度評価

本城他(2011)と同様の方法を用いて、全斜面の絶対危険度を求める。ただし、回帰モデルに線形モデルを用いている点が本城他(2011)と異なる。

STEP2 点検項目の抽出

重回帰分析結果に、地質学的知見や工学的判断も加味して、着目する点検項目を、落石に関連する項目に限定した、また、点検者の判断の困難性から、

2.2 既往の研究²⁾

本城他(2011)では、岐阜県 (下呂、高山、古川) 約 2300 箇所の点検データをもとに道路斜面の相対危険度求め、さらに落石データをもとに絶対的危険度を求めた。この研究では、ロジスティック回帰分析によって相対危険度を求めた。

すなわち、専門家による総合評価 (「要対策」、「カルテ対応」、「対策不要」) を斜面数に応じて配分した

評価のバラツキが大きいと考えられる項目は対象外とした、さらに、「履歴」の項目は除いた。これは、調査表の得点計算項目に履歴は含まれていないためである。選択された要因(変数)を表2に示す。

表2 抽出した要因

地形	崩壊跡地, 還急線明瞭, 脚部浸食, オーバーハング
土質・地質・構造	崩壊性の岩質(3段階)
表層の状況	表土及び転石の状況(3段階), 湧水の状況(3段階), 表面の被覆(3段階)
形状	勾配(45度閾値で2段階)
変状	肌落ち, 小落石, はらみ出し, 亀裂, 開口亀裂

STEP3 重回帰分析と回帰係数の解釈

得られた絶対危険度を正解として、絶対危険度を被説明変数 Y とし、抽出した斜面点検項目(説明変数)で線形重回帰分析を行い、得られた回帰係数の大きさを分析し、さらに地盤工学的見地を加味することで、点検項目の得点の提案を行う。

3 解析結果

本城他(2011)に示した研究の手順に基づいて、解析を行った。これは表2に示した要因を説明変数と、斜面のカテゴリ(要対策, カルテ対応, 対策不要)を被説明変数とする重回帰分析結果に、実際の各地域における落石事故記録を加味することにより、各斜面の絶対危険度を求めた。この結果を図1に示す。

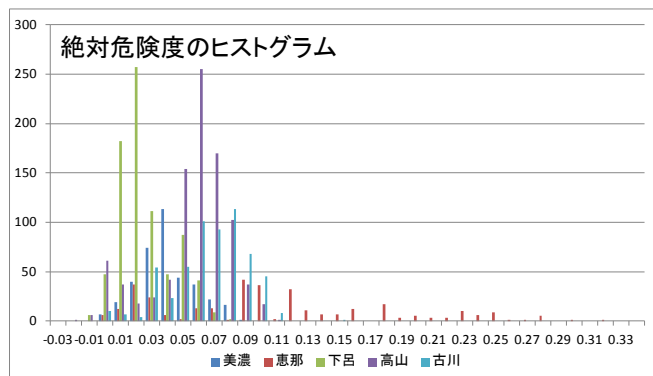


図1 絶対危険度のヒストグラム

次にこの絶対危険度が現行表で計算される得点とどの程度対応しているかを見ると共に、絶対危険度により対応する得点の計算方法について検討する。

重回帰分析結果に基づいて、新しい得点を計算する方法として、下式を用いる。

$$W_i = \frac{\frac{1}{m}\beta_0 + \beta_i}{\beta_0 + (\beta_1 + \dots + \beta_m)} \quad (i=1 \sim m)$$

ここに、 β_i は、各項目の回帰係数である。

ここでは、次の3者の比較を示す。

(a) 現行表による得点

(b) 地域別の解析結果に基づく得点

(c) 全地域の同時解析結果に基づく得点。

この3つの場合の得点と、絶対危険度の相関係数を表3に示す。相関が高いほど優れた得点である。

表3 各得点と絶対危険度の相関係数

地域	(a) 現行表	(b) 地域別	(c) 全地域
美濃	0.58	0.78	0.67
恵那	0.45	0.65	0.51
下呂	0.56	0.65	0.53
高山	0.53	0.70	0.59
古川	0.42	0.53	0.40

表3より分かるように、相関は概ね(b)>(c)>(a)となっており、現行よりも全地域、全地域よりも地域別の得点が絶対危険度と相関が高い。特に(b)の相関が際立って高い。各要因の得点は、それぞれの場合について、表4のように求められた。

表4 各要因の配点

	地形	土質・地質・岩質	表層の状況	形状	変状
現行調査表(自然斜面)	6	16	44	20	14
現行調査票(のり面)	(6)	(34)	(25)	(18)	(17)
美濃	11	8	46	4	32
恵那	48	19	16	4	12
下呂	11	21	21	2	46
高山	18	11	39	4	29
古川	12	25	48	4	12
全斜面	14	1	58	1	26

表4の結果より次の事が言える。

- (1) 恵那の得点配分は、他の地域と著しく異なる。これは、恵那地区の岩は主として花崗岩であり、風化しやすい特徴を有する岩質であるためと推測された。
- (2) 高山と古川、美濃と下呂にはある程度の類似性がある。
- (3) 現行表の形状への配点は高すぎる。一方表層状況の配点はいずれの地域でも高く、現行表でも高い。
- (4) 配点は地域により異なる。これは、それぞれの地形や地質的条件の反映であると思われる。

4. 結論

- (1) 現行表では、表層の状況や土質・地質・岩質の評価点が高く、これは本解析より求められた得点の傾向とも一致した。一方、形状は、どの地域でも低得点となり、現行表の配点とは異なる。
- (2) 精度の高い調査票の配点は、地域ごとに異なっている可能性が高い。統一的な配点ではなく、その地域の土質、岩質、地質等を考慮した個別の配点を考える方が合理的と考えられる。

参考文献

- 1) (財)道路保全技術センター(1996):平成8年度 道路防災総点検要領 豪雨・豪雪など(監修・建設省道路局)
- 2) 本城・町田・森口・原・沢田・八嶋(2011) 土木学会論文集 C, Vol67, No.3, PP.299-309.