

第四紀溶結凝灰岩地域における斜面危険度評価に基づいた崩壊発生雨量の予測

東電設計（株） 正会員 ○富田一夫
東電設計（株） 正会員 岡信彦
東京電力（株） 正会員 海津信廣

1 はじめに

平成10年8月末の那須豪雨により、福島県南部において第四紀溶結凝灰岩の表層崩壊が集中的に発生した¹⁾。筆者は、この地域での定量的な崩壊雨量予測を目的とし、個別斜面に対するがけ崩れ発生限界雨量線（以下、C.L.）²⁾の適用を試みたが、崩壊降雨データが少なく、予測精度が十分でないという問題が生じた。

本研究では、以下の観点から、C.L.の予測精度を向上させる方法を試みた。

- ① 既往資料調査及び現地調査から、崩壊斜面に共通する地形・地質的特徴が判明した。よって、数量化Ⅱ類による分析から崩壊様式にマッチした斜面危険度及び素因となる地形地質項目を抽出した。
- ② C.L.を示す式の導出には、判別関数式の利用が有用だが、崩壊発生データが少ない場合、地形・地質要因のようなカテゴリーデータの取り扱い是不向きである。よって、数量化Ⅱ類で抽出された項目を使用し、崩壊発生降雨のデータが少なくても、斜面の地形地質的特性に応じたC.L.を設定できる方法を検討した。

2 検討地域の概要

那須豪雨の被災地のうち、福島県南部の白河市周辺は、大部分が第四紀白河溶結凝灰岩に覆われ、標高400～500mの比較的起伏の多い山地を形成している。

3. 斜面の定量的な危険度評価

3.1 第四紀溶結凝灰岩に特徴てきな崩壊様式

現地調査及び既往資料から、以下の崩壊様式が崩壊箇所特性として抽出された。

- ① 崩壊物質：溶結凝灰岩（低溶結部）の極表層の風化部及び表土（厚さ数10cm程度）
- ② すべり面：溶結凝灰岩の風化部と新鮮部の境界。斜面に平行な場合が多いと推定され、急傾斜斜面ほど崩壊が発生しやすいと思われる。
- ③ 誘因：降雨時の飽和度上昇による風化岩・表土の強度低下、または風化部／新鮮部境界の摩擦低下。

3.2 斜面データの取得

第四紀溶結凝灰岩が分布する地域のうち、災害時の調査報告書等から崩壊の発生・非発生が確認出来る130斜面を抽出した（崩壊斜面22、非崩壊斜面108）。

既往の斜面点検表等から、崩壊様式に関する地形・地質的な評価項目を集約した斜面調査表を作成し、現地調査により、130斜面のデータを取得した。

3.3 数量化Ⅱ類による分析

数量化Ⅱ類は、式1に示すように、質的分類で与えられた説明変数から、質的分類で表される外的基準を予測する多変量解析である。

$$Y = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \quad \begin{matrix} a_{ij} & \text{カテゴリスコア} \\ x_{ij} & \text{説明変数} \end{matrix} \quad (\text{式1})$$

本研究では、崩壊様式に基づき、斜面調査の専門家が判断したA～Cランクの危険度評価を外的基準とし、調査表で取得した地形・地質項目を説明変数とした。

崩壊様式を勘案しながら、項目やカテゴリーの統合・削除を繰り返し行い、最終的に、評価区分が最も明瞭に区分され、的中率が高くなるよう、カテゴリスコアを求めた。表1は、最も分析精度が高いケースにおける解析結果を示す。相関比はあまり高くないものの、判別的中率は93.1%と高く、比較的良い分析結果が得られた。レンジ及び偏相関係数は、値が高い項目ほど、崩壊発生に対する寄与度が高く、斜面傾斜角が崩壊発生に対して最も寄与度が高い項目として抽出された。その他に、斜面の植生に関する項目及び集水

表1 数量化Ⅱ類による検討結果

点検項目	カテゴリ	カテゴリスコア	偏相関	レンジ	点検項目	カテゴリ	カテゴリスコア	偏相関	レンジ
傾斜角度	10°～20°	-0.3193	0.797	1.281	集水条件	非集水	-0.1353	0.397	0.278
	20°～25°	-0.1557				平坦地	0.0079		
	25°～30°	-0.1678				集水	0.1422		
	30°～35°	-0.0337				集水範囲・小	0.0831		
	35°～40°	0.1510			集水状況	集水範囲・大	-0.0125	0.042	0.096
	40°～45°	0.3585				草地	-0.2631		
	45°以上	0.9613			植生の種類	広葉+草	0.1522	0.568	0.445
～10m	0.0656	針葉樹	0.1819						
斜面高さ	10m～15m	0.1000	0.282	0.221	立木管理	十分	-0.0457	0.250	0.144
	15m～20m	-0.0014				不十分	0.0390		
	20m～25m	-0.1212			樹種	関係無	0.0985	0.485	0.291
	25m～30m	-0.0943				杉主体	0.1650		
	30m～35m	-0.0447				松	-0.1207		
	35m～	-0.0195				その他	-0.1259		
斜面方位	北～南東	0.0474	0.264	0.143		松+その他	0.1416		
	北西～南	-0.0959				15～	-0.2891		
	表土+ローム	-0.0269				10～15	-0.3137		
	被覆層	表土		0.0049	0.136	0.032	樹径(平均)	5～10	0.0168
厚い		-0.0293	0～5	0.0630					
表土の厚さ	薄い	0.0236	0.562	0.053	相関比		0.585		
	判別の中率								93.10%

キーワード；がけ崩れ発生限界雨量線，斜面危険度評価，数量化Ⅱ類，判別分析
連絡先；東京都台東区東上野 3-3-3 tel 03-4464-5176 fax 03 - 4464 - 5190

条件が寄与度の高い項目として抽出された。

4. 崩壊発生雨量の予測

4.1 崩壊発生雨量の予測手法

図1に示すスネークラインから、崩壊発生雨量が非発生雨量の領域と区別できるため、C.L.の設定を試みた。なお、スネークラインは、1976～2000年のアメダス記録から、時間雨量と累積雨量抽出して作成した。

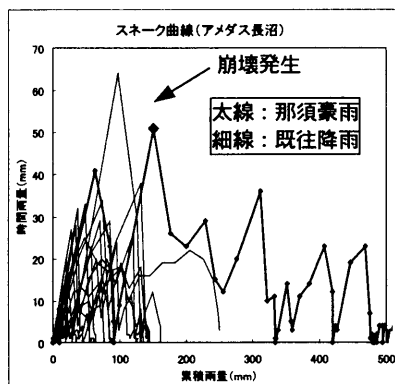


図1 対象地域の既往降雨

図1に示されたとおり、崩壊発生降雨は那須豪雨しか特定できず、建設省式方式を用いると、設定者の主観により精度が左右される。設定者の主観によらない方法として、地形・地質的要因と降雨要因をあわせた判別分析により、個別斜面のC.L.を設定する方法²⁾が挙げられるが、降雨データが少ないため、統計的な解析が難しい。本研究では、後者の問題解決策として、以下の手法を検討した。

- ① 数量化Ⅱ類によりあらかじめ絞り込んだ地形・地質項目・カテゴリを判別分析に適用することによって、素因的な項目の精度向上について検討した。
- ② 降雨データを増やすため、検討地域を囲む8箇所の観測値から雨量コンターを作成し、個別斜面の雨量を推定した。

4.2 降雨データの抽出

災害時の記録に残された住民からの通報等から、崩壊の多くは27日朝に発生したと推定されるため、崩壊雨量を図2に示すピーク雨量とした。非崩壊雨量は、一降雨の最大時間雨量及び累積雨量とした。

4.3 解析結果

検討の結果、相関比・判別の中率が最も高く、空振り率がもっとも低い表2に示すケースの判別係数からC.L.の設定を行った。C.L.の傾きは、累積雨量と時間雨量の判別係数の比を示し検討対象地域内では一定である。切片は個別斜面の地形・地質要因によって決定され、危険度の高い斜面ほど、切片の値が小さくなる。

図3は本研究で得られた危険度別のC.L.例を示す。

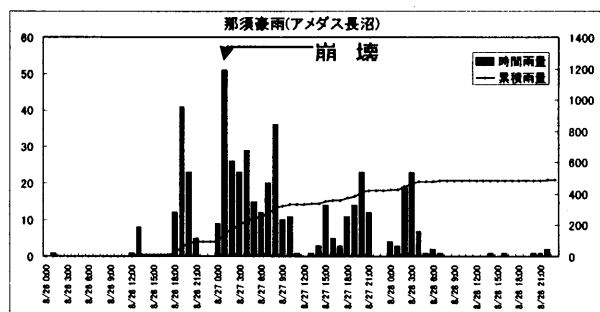


図2 那須豪雨の雨量経過

表2 降雨要因検討結果

項目	判別係数	偏相関
斜面		
傾斜角度	0.1898	0.2472
斜面高さ	-0.0547	0.0760
表土		
被覆層	1.2621	0.0786
表土の厚さ	0.0617	0.0169
状況		
集水条件	1.9483	0.2329
集水状況	-0.1250	0.0136
植生状況		
植生の種類	0.8628	0.0741
立木管理	0.7975	0.0991
樹種	-0.6111	0.0445
樹径(平均)	-0.1358	0.0577
降雨		
時間雨量	0.1424	0.2513
累積雨量	0.0680	0.5172
定数項	-32.9806	
分析精度	空振り率	56.3%
判別の中率		91.0%
崩壊発生逃し		0.0%
相関比		0.410

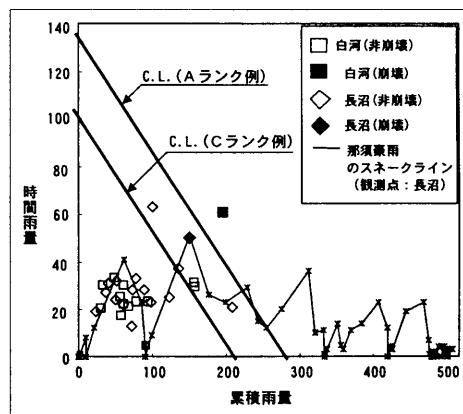


図3 対象地域のC.L.

5 まとめ

斜面危険度評価を踏まえ、地形・地質、降雨要因による判別分析を実施し、検討地域における危険度別のがけくずれ発生限界雨量線を求めた。

参考文献

- 1) 稲垣秀輝：1998年台風4号による福島県白河地方での表層崩壊の特徴，応用地質，40，5，pp306-315，pp1-257. 1999
- 2) 倉本和正・鉄賀博己・菊地英明・守川倫・門間敬一・古川浩平：急傾斜地における斜面要因を考慮したがけくずれ発生限界雨量線の設定手法に関する研究，土木学会論文集No.658/V I -48, pp.207-220. 2000