

災害履歴に基づく水力発電所斜面の安定性評価方法に関する研究

山口大学工学部 正会員

○大石博之

山口大学工学部 非会員

羽田野由衣

九州電力株式会社 正会員

安藤一郎

西日本技術開発株式会社 正会員

澤田尚

山口大学工学部 正会員

古川浩平

1. はじめに

発電施設は、重要なライフラインの一つであり、地域社会への安定した電力供給が求められている。すなわち、施設の防災対策が重要な課題となっている。特に、水力発電所施設の斜面管理について、著者らは斜面道路防災点検要領(表-1)をもとに安定性を評価し、防災上の管理計画を検討することを試みていた。しかし、本手法は、熟練した技術者の判断を必要とし、精度および客観性の確保といった面で問題を有している。また、各発電所は様々な地質条件の上に立地しているが、現状ではそれらの地域性は考慮されずに各斜面の評価が行われている。

本研究では、斜面の地域性を反映するとともに、災害履歴に基づく客観的な斜面の災害発生危険度を設定することを試みた。また、各発電所の重要度を表す指標を設定し、上記の危険度と合わせてリスク評価を実施することで防災対策上優先されるべき地点の特定を行った。

2. 使用データの概要

研究の対象は、火成岩地域と堆積岩地域の2つの地質域に存在する水力発電所施設の斜面とした。火成岩地域からは9施設の52斜面、堆積岩地域からは9施設の28斜面のデータを収集した。

3. 災害履歴に基づく危険度の設定

過去の災害履歴に基づいた危険度の評価方法として、既往文献¹⁾を参考に得点法による危険度算出法を採用した。得点法とは災害履歴を元に各調査要因のカテゴリごとの災害発生確率を算出、その合計値を危険度とするものである。研究対象とした全ての斜面を一つのグループとして設定した結果、図-1のように危険度ランクが上がるにつれ、災害発生確率も増加する設定ができた。これより得点法を用いた危険度設定は妥当と判断した。

4. 地域性を反映させた危険度設定の検討

次に各地域の災害特性を危険度に反映させることを目的として、地域の地質によりデータを2群に分けて得点法による設定を行った。しかし、図-2、図-3に示すように、地域に分けると危険度の増加と発生確率の相関が低下する結果となってしまった。これは、地域特性を表すにあたり不要な要因がノイズとなっていることが考えられる。そこで本研究ではカルテ要因に挙がっている全要因を使うのではなく、ラフ集合により地域別の災害発生に関わる重要要因を抽出し、その重要要因のみから危険度を設定した。

4.1 重要要因の抽出による地質区域毎の危険度設定

火成岩地域の斜面は要求水準として整合度90%以上とし、最も整合度の高い要因の組合せを重要要因とした。堆積岩地域は要求水準90%を超える

表-1 調査項目一覧表

No.	要因	カテゴリ			
		1	2	3	4
1	崩壊跡地、遡急離明瞭	該当なし	1地形該当	複数該当	
2	崖縁地形、脚部侵食	該当なし	2地形該当	複数該当	
3	崩壊性の土質	該当せず	やや顯著	顯著	
4	崩壊性の岩質	該当せず	やや顯著	顯著	
5	流れ盤	該当せず	該当する		
6	上部硬質、脚部軟弱	該当せず	やや顯著	顯著	
7	表土の状況	安定	やや不安定	不安定	
8	湧水状況	なし	染み出し程度	湧水あり	
9	表面の被覆状況	木本主体	複合	裸地~植生	
10	高さ	H<15m	15m≤H<30m	30m≤H<50m	50m≤H
11	勾配(°)	1<45°	45°≤1<70°	70°<1	
12	当斜面のり面斜面の変状	なし	あり、不明瞭なもの	複数あり、明瞭	
13	隣接するのり面の変状	なし	あり、不明瞭なもの	複数あり、明瞭	
14	既設対策工の効果の程度	十分予防	かなり予防	一部予防	なし

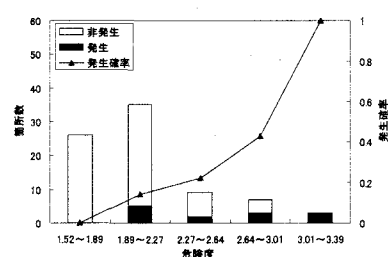


図-1 全域発電所斜面の危険度

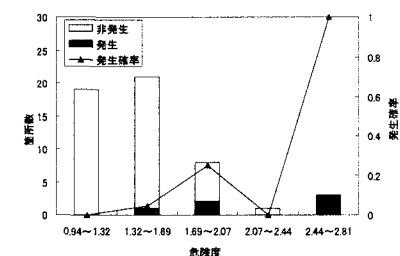


図-2 火成岩地域の危険度

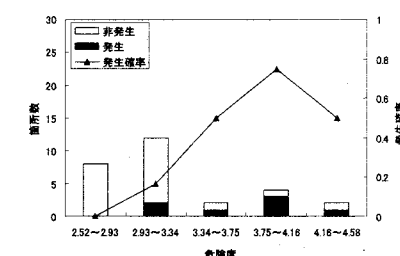


図-3 堆積岩地域の危険度

表-2 重要要因一覧

火成岩地域(整合度96.2%)		堆積岩地域(整合度92.0%)	
No.	要因	No.	要因
2	崖縁地形、脚部侵食の有無	2	崖縁地形、脚部侵食の有無
4	崩壊性の岩質	7	表土の状況
7	表土の状況	10	高さ
10	高さ	12	当斜面のり面斜面の変状
		13	隣接斜面のり面の変状

ことが出来なかったので要求水準を 80%に下げて要因抽出を行った(表-2)。重要要因を用いて設定した危険度は、図-4、図-5 に示されている通り十分に災害発生・非発生を分離できている。

4.2 同一地質区域での重要要因の汎用性

堆積岩地域ではデータ数が 28 個と少ないため、要求水準 90%を超える重要要因の組合せを求めることができなかった。そこで、同じ堆積岩地域である山口県岩国市周辺における斜面調査データを元に重要要因を抽出し、これを用いて堆積岩地域の危険度を設定した。要求水準を整合度 90%以上として抽出した重要要因を表-3 に示す。この時の整合度は 91%となった。これらの要因を用いて堆積岩地域の危険度を再設定したところ、図-6 に示す結果となった。これにより、異なる地域でも同じ地質であれば危険度を設定できる可能性が示された。

5. 危険度と重要度のリスク評価

現実的に発電所の防災対策を行う際には、斜面の危険度だけではなく施設の重要度を加味した検討をする必要があると考えられる。そこで、リスク評価法による各発電所の総合的な防災対策優先度を分析した。発電所の重要度については次式より試行的に設定することとした。

$$\text{重要度} = (\text{発電所の最大出力} \times \text{電気料金単価}) / \text{復旧費用の概算値}$$

この指標では発電による収入が大きく、万が一の災害に見舞われた際にも復旧費用が安くて済む発電所が重要度の高い地点として評価されることになる。危険度は前章までに算出したものを用いて、既往文献²⁾を参考に次式からリスク値を求めることとした。

$$\text{リスク値 } R = \text{危険度} \times \text{重要度}$$

本研究では、リスク評価の対象を復旧概算費の求めることができた地域の 5 発電所(斜面数 42 斜面)とした。結果を図-8 に示す。縦軸は危険度、横軸は重要度とし、図中の曲線はリスク値が等しくなる等リスク線を示す。危険度のみの判定で最も危険と評価されるのは斜面(2)であったが、リスク評価を行うと斜面(1)が最もリスクが高く優先して対策を行うべき斜面となる。また斜面(2)と斜面(3)は危険度だけで比較すると差が大きい、リスク評価を行うと同等に評価される。

6. まとめ

地域別に抽出した重要要因を利用することで、地域の特徴を捉えた危険度設定ができた。更にデータ数が少ない地域でも、同じ地質の地域での分析結果を用いて危険度を設定することが可能であることが明らかとなった。また、リスク評価では危険度と重要度を総合的に評価することで、防災対策の優先度を決定することができた。

(参考文献)

- 1) 倉本和正・守川倫・鉄賀博己・荒川雅生・中山弘隆・古川浩平: 斜面要因を考慮した斜面毎の非線形がけ崩れ発生限界雨量線の設定方法とその崩壊予測精度, 土木学会論文集, No. 77/VI-55, p67-81.
- 2) 宮本幸始: 設計の自由度拡大とリスクマネジメント, 土木学会誌, vol.85, pp.24 - 27, 2000.

表-3 岩国重要要因一覧

No.	要因
1	崩壊跡地、遡急線明瞭
2	崖線地形、脚部侵食の有無
3	崩壊性の土質
4	崩壊性の岩質
5	流れ壁
6	上部硬質、脚部軟弱
8	湧水の状況
9	表土の被覆状況
13	隣接斜面のり面の性状

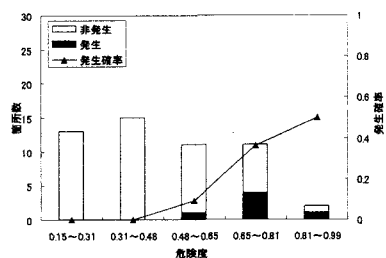


図-4 4 要因を用いた火成岩地域危険度

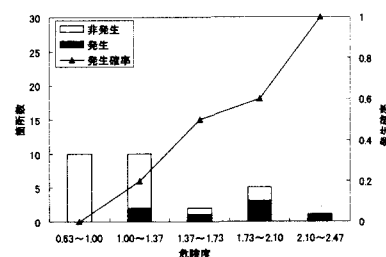


図-5 5 要因を用いた堆積岩地域危険度

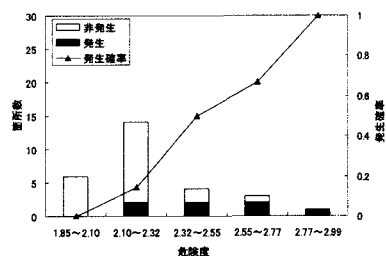


図-6 岩国重要要因による堆積岩地域危険度

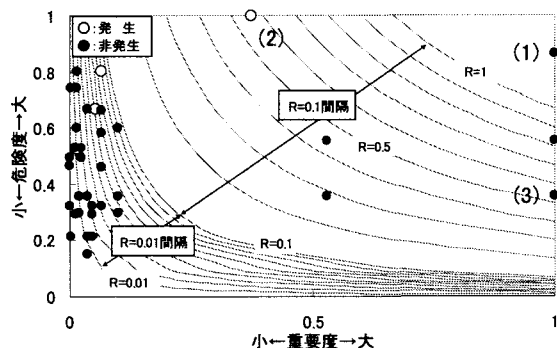


図-8 等リスク線を用いたリスク評価