

RBF ネットワークによる斜面要因を考慮した非線形がけ崩れ発生限界雨量線の設定手法の提案

中電技術コンサルタント(株) 正会員 ○倉本和正 国土交通省 非会員 守川 倫
 山口県土木建築部 非会員 鉄賀博己 香川大学工学部 正会員 荒川雅生
 甲南大学理学部 非会員 中山弘隆 山口大学工学部 正会員 古川浩平

1. はじめに

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は、従来から降雨要因のみで設定されており、斜面毎に異なる崩壊危険度は考慮されていない。しかも、そのほとんどは複雑な自然現象を線形で表現していることから、精度の高い予測を行うことは困難である。本研究ではそれらの問題を同時に解消することを目的に、RBF ネットワーク（以下、RBFN）を用いて個別斜面における非線形がけ崩れ発生限界雨量線（以下、個別非線形 CL）の設定を試みた。

2. 対象データの抽出

対象地域は下関市南部とし、対象とする斜面は対象地域内で危険箇所指定された自然斜面（239 斜面）とした。発生斜面、非発生斜面は、対象斜面の中から 1975～1998 年までに発生した斜面（59 斜面）、発生していない斜面（180 斜面）とした。また、対象降雨データには、対象期間中に下関気象台で観測されたアメダスデータを用いた。発生降雨はがけ崩れ発生推定時刻を含む一連降雨とし、解析に用いる発生降雨要因は、発生推定時刻から 3 時間以内の最大時間雨量及びその時刻における実効雨量（半減期 72hr）とした。一方、非発生降雨については対象降雨から発生降雨を除いた全ての降雨要因（約 20 万個）とした。

また、解析には非線形判別に優れる RBFN を用いた。RBFN における学習データは抽出した時間雨量、実効雨量の 2 要因とし、発生、非発生の教師値はそれぞれ 0, 1 とした。なお、実際の計算では著者らがこれまでに構築した解析システム¹⁾を用いた。

3. 個別非線形 CL の設定

個別非線形 CL は、図-1 に示す 4 段階により設定する。以下、図-1 の設定フローに従って段階毎に説明する。

3.1 斜面の崩壊危険度の算出および崩壊危険度毎のグループ化

個別非線形 CL の設定では、まず斜面毎の崩壊危険度を算出し、類似した崩壊危険度を有する斜面を集めて、幾つかのグループを構成する。本研究では点数制を用いて斜面の崩壊危険度を算出し、それを基に 5 グループに分類した。図-2 に崩壊危険度と斜面数の関係を示す。図中の折れ線は、各カテゴリーの発生率を示している。図より、発生率は算出した崩壊危険度の増加に伴い実際の現象と矛盾なく上昇する傾向を示していることがわかる。したがって、本研究ではこの崩壊危険度を以後の解析に用いることとした。

3.2 RBFN を用いた各グループの基本判別境界面の構築

ここでは、前節で分類したそれぞれのグループ内の発生、非発生降雨要因を用いて、グループ毎に判別境界面の構築を行う。なお、ここで構築する判別境界面は基本判別境界面と定義する。

構築した各グループの基本判別境界面の代表例を図-3 に示す。図中の白色、灰色の領域はそれぞれ安全、危険領域を示しており、白から灰色領域に近づくにつれ、徐々に危険度が増すことを示している。図より、がけ崩れ発生の危険性が低い安全領域（出力値 0.8 以上の領域）は崩壊危険度の増加に伴い減少する傾向にあることが確認できる。図-4 に各グル

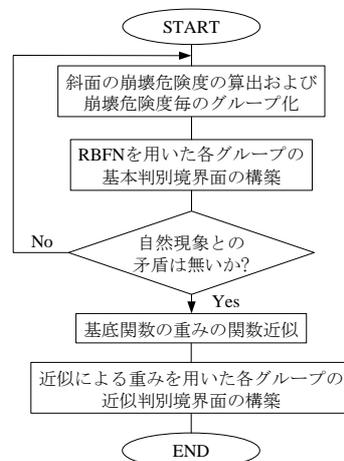


図-1 個別非線形 CL の設定フロー

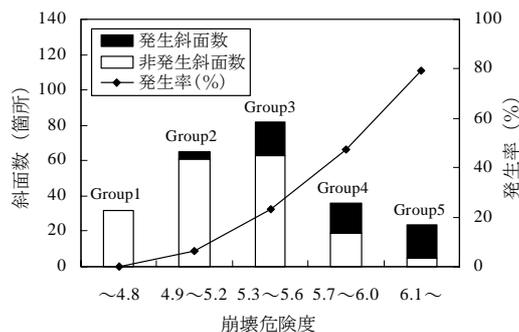


図-2 各グループの発生頻度および発生率

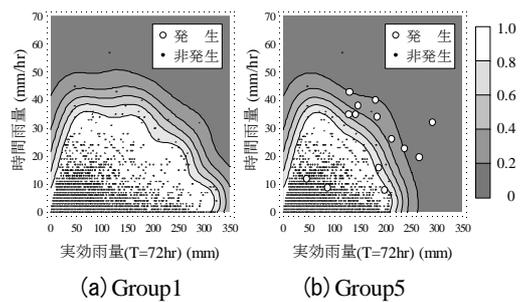


図-3 基本判別境界面の代表例

キーワード：RBF ネットワーク, 斜面崩壊, 発生限界雨量線

〒734-8510 広島市南区出汐 2 丁目 3-30 中電技術コンサルタント(株) TEL 082-256-3347 FAX 082-254-2496

ープにおける基本判別境界面に基づく非線形 CL (出力値 0.8 の等高線) (以下, 基本非線形 CL) を示す. 図より, グループ毎の安全領域については, 崩壊危険度の増加に伴い減少する傾向は明らかであり, 実際の現象を矛盾なく再現できている. したがって, 次節以降では構築した基本判別境界面に基づいて個別非線形 CL の設定を試みる.

3.3 基底関数の重みの関数近似

前節で構築したグループ毎の基本判別境界面を個別非線形 CL へ拡張するためには, 判別境界面を構成する基底関数の重みを崩壊危険度の関数として近似することが有効であると考えられる. そこで, すべての基底関数の重みをグループ毎に抽出し, その重みを各グループの平均崩壊危険度の関数として近似することを試みた. 図-5 に基底関数の重みと平均崩壊危険度の関係の一例を示す. この基底関数は図-4 に示す(a)点上に位置するものである. また, 図-5 の直線は, 回帰分析によって求めたものである. 図より, 重みは崩壊危険度の増加に伴いほぼ減少する傾向にあり, 前節で得られた崩壊危険度と安全領域との関係を説明することができている. これにより, 任意の崩壊危険度を有する斜面に対しては, 得られた関数に崩壊危険度を代入するだけで基底関数の重みを容易に算出することができる.

3.4 近似による重みを用いた各グループの近似判別境界面の構築

ここでは, 近似によって得られた重みを用いて, 各グループの判別境界面 (以下, 近似判別境界面) を構築し, それに基づく非線形 CL (以下, 近似非線形 CL) を設定する. 各グループの近似判別境界面は, 前節で設定した回帰直線に, 崩壊危険度を代入することで得られる重みを用いて構築した. 図-6 には各グループの近似非線形 CL を示す. 図より, 近似非線形 CL は, 図-4 で示した基本非線形 CL とほぼ同様な形状となっている. ただし, 図-4 では一部データの分布に対して過剰に反応し, 局所的な形状変化がみられたが, 近似非線形 CL ではその傾向はかなり弱まり, ある程度平均化された汎用性の高い形状にすることができた.

4. 予測精度の検証

設定した個別非線形 CL の有効性について検証するために, 著者らが提案した 2 つの CL (地域毎の非線形 CL¹⁾ 個別斜面の線形 CL²⁾) と予測精度の比較を行った. その結果, 予測の対象として用いた発生データについてはすべての CL で同様の正判別率であった. したがって, ここでは非発生データの正判別率に着目することとした. 表-1 に各 CL における正判別率の結果を示す. 表より, 設定した個別非線形 CL は他の CL に比べ 7% 以上高い正判別率を示し, 実際の捕捉数では 2,000 件程度も多くの的中させることができた.

5. おわりに

本研究では, 従来の CL の抱える問題点を同時に解消できるような個別非線形 CL の設定を試みた. その結果, 斜面の崩壊危険度を用いるだけで簡易に精度の高い個別非線形 CL を設定することができた.

参考文献

- 1) 倉本和正, 鉄賀博己, 東 寛和, 荒川雅生, 中山弘隆, 古川浩平: RBF ネットワークを用いた非線形がけ崩れ発生限界雨量線の設定に関する研究, 土木学会論文集, No.672/VI-50, pp.117-132, 2001.3.
- 2) 倉本和正, 鉄賀博己, 菊池英明, 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崩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/VI-48, pp.207-220, 2000.9.

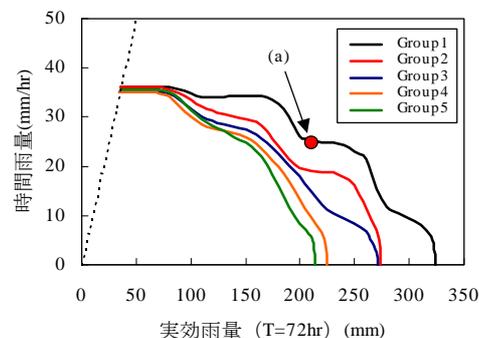


図-4 各グループの非線形 CL (基本判別境界面)

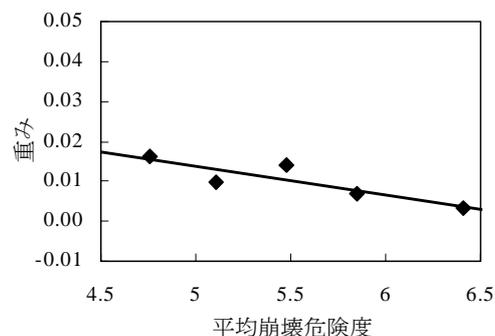


図-5 基底関数の重みと平均崩壊危険度の関係

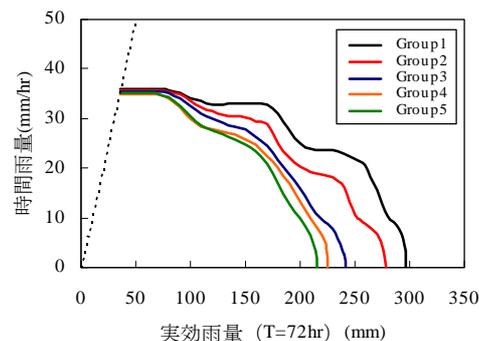


図-6 各グループの非線形 CL (近似判別境界面)

表-1 各 CL における非発生データの正判別率

CLの種類	正判別率(非発生)
個別非線形CL	20,956/24,651
	85.0%
地域非線形CL	19,153/24,651
	77.6%
個別線形CL	19,001/24,651
	77.0%