

VI-99

ニューラルネットワークを用いた降雨継続中の切土のり面の
リアルタイムの崩壊・未崩壊予測システムに関する研究

山口大学大学院 学生員 ○大前伸司 日本道路公団 広島管理局 正会員 神谷誠
山口大学工学部 正会員 菊池英明 高速道路技術センター 正会員 奥園誠之
山口大学工学部 正会員 古川浩平

1.はじめに

豪雨時における切土のり面の崩壊は、素因としての地形・地質条件、土工の斜面要因にある限界以上の誘因（降雨）が作用することにより発生する。従来、切土のり面の防災管理、崩壊危険度の判別については、累積雨量、1時間雨量などの、崩壊発生の誘因である降雨が一般的に用いられている。しかし、これらの雨量指標は、地域、路線単位の指標であり、また、降雨のみに着目した場合、崩壊発生時よりさらに多い雨量を過去に経験しているにも関わらず崩壊時点まで崩壊を免れているり面が存在することから、降雨指標のみの基準では、限界があると考えられる。そこで、本研究では、変成岩（黒色片岩）地山に建設された切り土のり面データを基にして、パターン認識能力に優れたニューラルネットワークを用いて、素因である斜面要因と誘因である降雨要因を組み合わせた、降雨時における切土のり面の崩壊・未崩壊判別システムを構築することを試みた。その際、降雨要因としては、一連の降雨の降雨継続中に獲得できるデータの中から効率的なデータのみを用い構築した判別システムを、降雨継続中のリアルタイムの崩壊予測に適用することにより、システムの信頼性と有用性について検討した。また、降雨要因として累積雨量の代わりに半減期を考慮した実効雨量を用いた降雨要因のいくつかの組み合わせパターンに対しても同様な判別システムを構築し、それぞれのシステムの学習結果、リアルタイム崩壊予測の結果をもとに、実効雨量の有用性を示すと同時に、斜面の崩壊・未崩壊現象を最もうまくとらえている半減期の抽出を行った。

2.崩壊・未崩壊判別システムの構築について

本研究で使用したネットワークモデルは、図-1に示すように入力層、中間層、出力層の3層からなる階層型ネットワークである。崩壊・未崩壊判別システムを構築する際ニューラルネットワークに学習させるデータは、各のり面の素因と、誘因である降雨要因を組み合わせ作成し、降雨要因の採用時刻は、降雨継続中の危険と考えられる時刻とする。従って、学習データは次の通りとなる。

「崩壊データ」

- (1) 素因+崩壊降雨の崩壊時刻または、崩壊推定時刻における降雨要因。

「未崩壊データ」

- (1) 素因+各未崩壊降雨の1時間雨量のピーク時における降雨要因。
(2) 素因+各未崩壊降雨の累積(実効)雨量のピーク時における降雨要因。
(3) 素因+崩壊降雨の崩壊時刻（崩壊推定時刻）以前にピークがある場合、その時刻における降雨要因。

また、検討ケースを以下のように設定した。

CASE 1-1 斜面要因+供用年数+累積雨量(半減期: ∞) + 1時間雨量+継続時間+降雨パターン

CASE 1-2 斜面要因+供用年数+実効雨量(半減期: 12 時間) + 1時間雨量+継続時間+降雨パターン

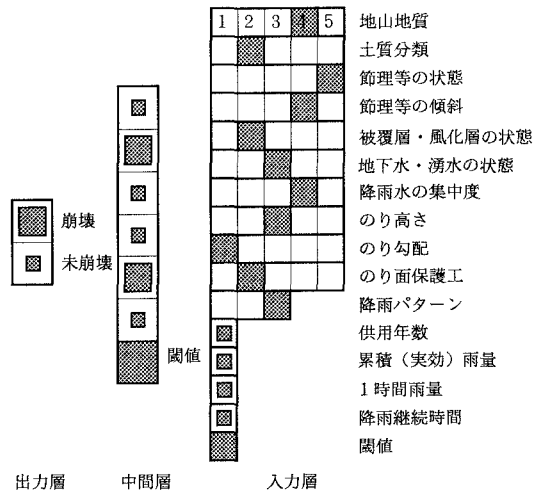


図-1.本研究で使用したネットワークモデル

CASE 1-3 斜面要因+供用年数+実効雨量(半減期:6時間)+1時間雨量+継続時間+降雨パターン

CASE 2-1 斜面要因+供用年数+累積雨量(半減期:∞)+1時間雨量+継続時間

CASE 2-2 斜面要因+供用年数+実効雨量(半減期:12時間)+1時間雨量+継続時間

CASE 2-3 斜面要因+供用年数+実効雨量(半減期:6時間)+1時間雨量+継続時間

構築したネットワークは、いずれの検討ケースも学習回数 2000~4000 回で収束条件を満たし学習が終了し、学習データに対する崩壊・未崩壊の判別率は 100%であった。

3.判別システムのリアルタイム予測への適用について

構築した判別システムを、降雨継続中のリアルタイムの崩壊予測に適用した例を図-2 に示す。図は、CASE2-2 の判別システムより得られるのり面 1 の崩壊降雨・未崩壊降雨に対する崩壊確信度経時変化である図から分かるように、崩壊降雨については、崩壊時刻の数時間前から崩壊と判別され（すなわち、崩壊を事前に予測でき）、また未崩壊降雨については降雨継続中常に未崩壊と判別されている。このようにして、各検討ケースごとの予測システムとしての有用性を比較したものを表-1 に示す。表から分かるように、リアルタイム予測システムとして、最も有用性があるのは、半減期を 12 時間とした実効雨量を降雨要因とし、降雨パターンを降雨要因としない CASE2-2 である。

4.結論

①降雨要因のデータとして、一連の降雨の降雨継続中に獲得できるデータの中から本研究で示したような適切なデータを用いて判別システムを構築すれば、斜面の崩壊・未崩壊現象をうまく認識できる比較的信頼性の高いリアルタイムの崩壊予測システムの構築が可能である。

②降雨要因として、累積雨量の代わりに、適切な半減期を考慮した実効雨量を用いることにより、さらに認識能力の優れた、より信頼性の高い判別システムの構築が可能である。半減期については、本研究で用いた変成岩（黒色片岩）のり面では、12 時間とした場合が斜面の崩壊・未崩壊現象を最もよくとらえていると考えられる。

③リアルタイム予測を考慮した降雨要因を用いて判別システムを構築すれば既往の論文¹⁾で重要な要因とされている降雨パターンを降雨要因としても有用性はないと考えられる。

以上の結果から、半減期 12 時間の実効雨量を用い、降雨パターンを要因としないで構築した判別システムが最も信頼性がありかつ有用性があるシステムであるといえる。

参考文献

1)西邦正,古川浩平,中川浩二:豪雨時における切り土のり面の崩壊誘因評価と崩壊・未崩壊の判別について,土木学会論文集, No.480/VI-21、pp.127-136,1993.12

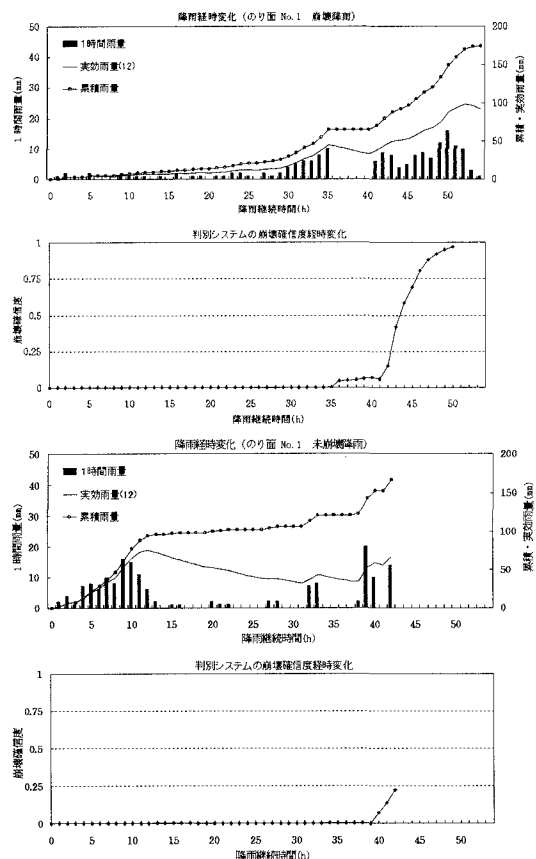


図-2.リアルタイム崩壊予測結果

表-1.各CASEのリアルタイム判別の結果

評価項目	CASE 1-1	CASE 1-2	CASE 1-3	CASE 2-1	CASE 2-2	CASE 2-3
崩壊認識できた崩壊降雨数	12/12	12/12	12/12	12/12	12/12	12/12
崩壊予測できた崩壊降雨数	6/12	5/12	2/12	9/12 (10/12)*1	5/12 (6/12)	2/12 (3/12)
未崩壊認識できた未崩壊降雨数	27/36 (32/36)*2	25/36 (32/36)	23/36 (36/36)	26/36 (36/36)	29/36 (36/36)	20/36 (26/36)
認識不十分な降雨数	5/48	6/48	5/48	3/48	1/48	14/48
有用性	△	△	×	○	◎	×

*1 ○ 内は、1時間前に「崩壊」と判断されていないが、崩壊時には「崩壊」と判断されるであろうと1時間前に予測できる（前兆がある）ものを含めた数字である。

*2 ○ 内は、降雨継続中の数時間を除いて常に「未崩壊」と認識できた未崩壊降雨数。