

道路ネットワークの斜面崩壊によるリスク評価

(有) シー・ユー・イー
豊能町役場
(株) 荒谷建設コンサルタンツ
香川大学

正会員
正会員
正会員
正会員

伊藤 則夫
坂田 朗夫
川本 篤志
白木 渡

1. まえがき

2011 年 3 月 11 日に発生した三陸沖を震源とするマグニチュード 9.0 の巨大地震は、東北地方を中心として、広範囲にわたる甚大な被害をもたらした。この地震による道路ネットワークへの被害は深刻で、被災者への救命・支援活動の遅れの一因ともなった。

災害時に被災者の救助・支援を行う上で道路ネットワークが果たす役割は非常に大きく、その管理手法として筆者らはライブ管理¹⁾を提案してきた。ライブ管理とは、長期的な使用性能の確保と同時に災害時における被害軽減を図る管理の考え方である。

ライブ管理の実施にあたって、道路ネットワークが現在どのようなリスクを有しているのかを正しく把握しておくことは重要である。本研究では、様々なリスクのうち道路ネットワークの土工部の自然斜面・切土

斜面に着目し、斜面の崩壊に伴う道路閉塞のリスクに関する研究の報告を行う。

2. 研究の目的および方法

本研究においては、建設省河川局で収集された全国の土砂災害データ^{2) 3)}を用いて、斜面の形状・高さ等、詳細な地質調査を必要としない情報から崩土到達距離を確率的に求める。崩土到達距離の予測にはニューラルネットワークの1種のバックプロパゲーション法(以下、BP 法と呼ぶ)を用いる。崩土到達距離とは斜面の下端から崩土先端までの水平距離をいう。

本研究では、土砂災害のデータに示された崩土到達距離の実測値を理論上の到達距離とばらつきの合計からなるものとする。すなわち、BP 法により対象斜面で起こり得る崩土到達距離の平均値を予測し、予測値と実測値の差である残差をばらつきと考える。そして残差の分布を正規分布にあてはめ、それが統計的に妥当であるかを検討する。

本研究で考える説明変数は表 1 の 13 項目である。表中で着色を施した項目が定量的データで、その他はすべてカテゴリ化データである。対象を中国 5 県とすると 425 件の地すべりデータがあるが、この中から、一部のデータが欠損しているもの、斜面高や崩土到達距離が極端に大きいものなどの特異データを除き、表 2 の 352 件のデータを用いることとする。

3. BP 法による予測システムの構築

前述の 352 件のデータを学習に用いるデータ 322 件および予測システムの検証に用いるデータ 30 件の 2

表 1 説明変数

No	データ項目		説明
1	斜面の種類		自然斜面, 人工斜面
2	斜面の向き		北、北東等 8 区分
3	斜面型	横断方向	尾根部, 谷部 等
4		縦断方向	上昇型, 下降型 等
5	斜面の上端	状態	尾根, 台地 等
6		利用状況	水路又は沢, 道路 等
7	斜面の下端	状態	平地, 上昇直線型 等
8		傾斜角	(度)
9	斜面の平均傾斜角		(度)
10	斜面高		(m)
11	地被物	種類	裸地, 草地 等
12		密度	疎, 中, 密
13	過去の崩壊の有無		同一箇所, 付近の合計回数

表 2 地すべりデータ

	鳥取	島根	岡山	広島	山口	合計
データ数	11	65	66	77	133	352

キーワード

斜面崩壊, ニューラルネットワーク, リスク分析, ライブ管理, B C P, 道路ネットワーク

連絡先

〒563-0129 大阪府豊能郡豊能町余野 414-1 豊能町役場 建設課 TEL072-739-3423

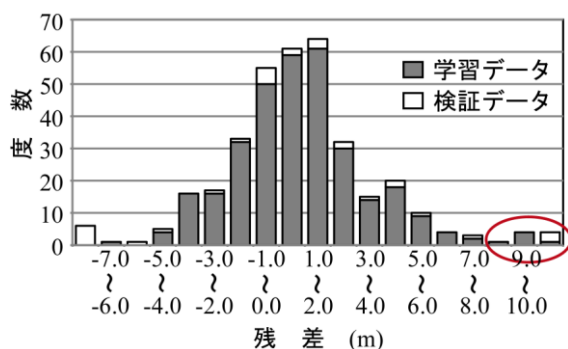


図 1 残差の分布

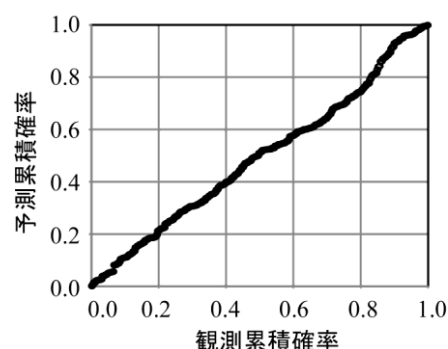


図 2 正規確率プロット (正規 P-P プロット)

つのグループに分割する。

BP 法のニューラルネットワークは入力層, 中間層および出力層の 3 層からなり, 各層にはそれぞれニューロンを設ける。本研究の場合, 入力・中間・出力層の各層のニューロン数はそれぞれ 13, 10, 1 個とした。また, 学習回数は 5,000 回とした。

図 1 は予測システムによる学習データの残差(予測値－実測値)のヒストグラムである。また, 図 1 右端の丸内のデータ(6 件)を外れ値と考えて削除し, 正規確率プロットを行うと図 2 のようになる。図 1, 図 2 から残差は正規分布に従っていると言えそうである。実際, KS 検定を行うと有意確率 P は 0.012 となった。残差の平均値 $\overline{\Delta L}_m$ は 0.74m, 標準偏差 σ_L は 2.37m となった。

検証データで残差が $\overline{\Delta L}_m - 3\sigma_L$ を下回るものは 30 件中 6 件, $\overline{\Delta L}_m + 3\sigma_L$ を上回るものは 3 件であった。

表 3 には検証用データの一部について予測システムを用いた崩土到達距離の予測値と, 崩土がある距離を超える確率(超過確率)を正規分布に従って求めて示している。これにより, 斜面崩壊によりある道路が完全に不通となる場合, 片側は通行可能である場合を確率的に求めることができる。

4. あとがき

本論文では道路ネットワークが有するリスクのうち, 自然斜面・切土斜面の崩壊に着目し, 斜面崩壊により道路交通が阻害されるリスクを確率的に求めた。

今後の発展として, 本論文で述べた方法を実際の地域内の道路ネットワークに適用することを考えている。実際の地域に適用本手法を適用することで, 地域が抱える問題点が明確になり, リスクを限定的なものとするための改修計画の立案, 復旧体制の整備, 諸資材の備蓄計画などに大きく寄与できるものと思われる。

参考文献

- 1) 川本篤志・白木渡・保田敬一・伊藤則夫・堂垣正博：ライブ管理手法を用いた道路ネットワーク評価システムの構築, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.54A, pp.152-161, 2008.3.
- 2) 建設省河川局砂防部傾斜地保全課, 建設省土木研究所砂防部急傾斜地崩壊研究室：がけ崩れ災害実態について (昭和 50 年～52 年) (資料集), 1978.3.
- 3) 建設省河川局砂防部傾斜地保全課, 建設省土木研究所急傾斜地崩壊研究室：がけ崩れ災害実態について (昭和 53 年～57 年) (資料集), 1983.8.

表 3 予測システムを用いた崩土到達距離の予測値とその超過確率

データ名	実測値(m)	予測値 L_m (m)	①= $L_m + \overline{\Delta L}_m$ (m)	①+ σ_L (m)	①+ $2\sigma_L$ (m)	①+ $3\sigma_L$ (m)
島根 50-10	13.0	9.55	10.28	12.65	17.39	24.50
島根 50-11	15.0	4.58	5.31	7.68	12.42	19.53
島根 52-8	2.3	12.16	12.89	15.26	20.01	27.12
島根 52-21	2.8	1.78	2.51	4.88	9.62	16.73
島根 52-22	1.9	1.07	1.81	4.18	8.92	16.03
生 起 確 率			50.0%	84.0%	97.5%	99.9%
超 過 確 率			50.0%	16.0%	2.5%	0.1%