

Ⅲ-A230

鉄道盛土の降雨災害危険度評価法の冪乗積を用いた 重回帰式による改良

国士舘大学 正員 岡田勝也 学生員 土田泰弘
 鉄道総研 正員 杉山友康 正員 村石 尚

1. まえがき

鉄道盛土の降雨による崩壊の危険性を精度良く予知できることを目的として、限界雨量による鉄道盛土の崩壊危険度評価法が開発された¹⁾。この限界雨量による危険度評価法は連続雨量 R と時間雨量 r を外基準とする数量化Ⅰ類による多変量解析によって求められたものであり、実際の J の現場で使用されている²⁾。しかし、外的基準が離散的アイテムの和で表されるため、特異な条件では実態に合わない場合がある。

そこで、既往の危険度評価法に適用した同じデータと同じアイテムを用いて、外的基準を冪乗を有するアイテムの積で表した重回帰式によって与えることとした。この手法と既往の危険度評価法との相違、重回帰式を適用する場合のアイテムの数量化の方法について述べたものである。

2. 限界雨量による盛土崩壊の危険度評価法の概要¹⁾

鉄道盛土の降雨災害危険度評価は、連続雨量 R と時間雨量 r の積の0.3乗で表される限界雨量 $R^{0.3}r^{0.3}$ によって判定できる。この式は、数量化Ⅰ類による多変量解析によって求められたもので、

$$R^{0.3}r^{0.3} = a_0 + a_1(H) + a_2(S_E) + a_3(N_c) + a_4(k) + a_5(S_B) + a_6(\theta_B) + a_7(W_G) + a_8(T_L) + a_9(T_H) + a_{10}(R_E) \cdots (1)$$

によって与えられる。

ここに、 a_0 は基本点(=13.14)であり、 $a_1(J) \sim a_{10}(J)$ はそれぞれのアイテム J のカテゴリースコアである。なお、アイテム J のうち、 H 、 S_E 、 N_c は盛土の構造土質条件で、それぞれ盛土高さ、土質、盛土強さ(簡易動的貫入試験による N_c 値)である。 S_B 、 θ_B は基盤の構造・土質条件で、それぞれ表層地盤地質と基盤傾斜角である。 k 、 W_G 、 T_L 、 T_H は集水・浸透条件であり、それぞれ透水係数、線路周辺の地形的な集水状態、線路方向の落ち込み勾配等で代表される盛土の縦断形態、片切片盛などの盛土の横断形態である。 R_E は経験雨量条件であり、建設後受けた降雨量で、経過年数と年平均降雨量の積で表される。

3. 冪乗積を用いた重回帰式による新しい危険度評価法の考え方

既往の危険度評価法の基本となる式(1)によれば、たとえば $N_c=0$ の盛土であっても、式(1)の右辺の a_0 、 $a_1(J) \sim a_{10}(J)$ は有限の値をとることになる。したがって、崩壊するはずの盛土にも関わらず、式(1)の左辺はある限界雨量 $R^{0.3}r^{0.3}$ を与えることになる(実際の適用では各アイテムと外的基準に適用限界がある)。

この矛盾を避けるために、限界雨量 $R^{0.3}r^{0.3}$ の算定に式(1)と同じアイテムを用いることにし、それぞれのアイテムの積で表すことができると仮定した。すなわち、

$$R^{0.3}r^{0.3} = a_0 \cdot H^{a_1} \cdot S_E^{a_2} \cdot N_c^{a_3} \cdot k^{a_4} \cdot S_B^{a_5} \cdot \theta_B^{a_6} \cdot W_G^{a_7} \cdot T_L^{a_8} \cdot T_H^{a_9} \cdot R_E^{a_{10}} \cdots (2)$$

で表され、なお、各アイテムは定数 $a_i(i=1 \sim 10)$ の冪乗を有するものとした。

式(2)において両辺の対数を取り、さらに、 $y = \log(R^{0.3}r^{0.3})$ 、 $x_0 = \log a_0$ 、 $x_1 = \log H$ 、 $x_2 = \log S_E$ 、 $\cdots$ 、 $x_{10} = \log R_E$ とおけば、

$$y = x_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + \cdots + a_{10} x_{10} \cdots (3)$$

となり、各アイテムの対数を変量とする一般的な重回帰式に変換できる。

キーワード：盛土、崩壊、降雨災害、危険度評価法、重回帰分析

連絡先：154-0017 東京都世田谷区世田谷4-28-1 国士舘大学工学部土木工学科 (TEL&FAX : 03-5481-3586)

4. カテゴリーデータの数値化

重回帰式は、一般には目的変数と説明変数が数量化データである必要があり、特別な場合アイテムのカテゴリー数が2つの場合は適用が可能である。2. による既往の危険度評価法に用いられたデータのうち、土質 S_E 、表層地盤地質 S_B 、集水地形 W_G 、縦断形態 T_L と横断形態 T_H はアイテムは、いずれも3カテゴリーで構成されている。そこで、次のようにカテゴリーデータの数量化を行った。

（1）土質 S_E の数量化

土質 S_E のアイテムは、既往の危険度評価法に用いた原データにおいては、〔粘性土、砂質土、礫質土〕の3カテゴリーにそれぞれ分類されている。ここでは、これらのカテゴリーはそれぞれの土質を代表する粒径、0.0075mm, 0.42mm, 7mmの数量化データで代表させる。

（2）集水地形 W_G 、縦断形態 T_L 、横断形態 T_H の数量化

集水地形 W_G のアイテムは〔無、対象斜面側、反対側〕、縦断形態 T_L は〔一般、切盛境界、落込勾配点〕、横断形態 T_H は〔純盛、片盛、腹付〕のそれぞれ3つのカテゴリーに分類されている。

これらカテゴリーには土質 S_E のような工学的な数量化データを与えることができないので、たとえば縦断形態 T_L については表1のようなカテゴリー区分を行った。すなわち、縦断形態Ⅰを〔一般+落込勾配点、切盛境界〕＝〔1, 2〕、縦断形態Ⅱを〔一般+切盛境界、落込勾配点〕＝〔1, 2〕のように、2アイテム・2カテゴリーとすることにした。同様に、集水地形 W_G と横断形態 T_H についても数量化を行った。

5. 冪乗積を用いた重回帰式の実行

冪乗積の重回帰式である式(3)の実行には、式(1)の危険度評価法で適用したのと同じデータを用いた。

解析の結果として、図2には、 $\log(Rr)$ について実績値と予測値の関係をデータ番号ごとに示した。No. 18の崩壊事例は両者の差が比較的大きいが、これは、当該盛土の河川の増水・氾濫による側方浸食が原因で、災害時の降雨量が比較的小なかったことに依るものである。他のデータについては比較的良く一致している。

決定係数と重相関係数は、それぞれ、0.568, 0.754という良好な結果が得られた。

なお、たとえば式(2)における盛土強さ N_c の冪数は、 $a_s=0.068$ であるので、これが限界雨量 $R^{0.3}r^{0.3}$ に及ぼす影響、 $N_c^{0.068}$ は、 $N_c=0$ で0、 $N_c=5.1$ （平均値）で1.12となり、 N_c が小さくなると限界雨量は0に近づくことになる。

5. あとがき

解析の結果、比較的良好な重相関係数が得られた。しかし、既往の危険度評価法における限界雨量 $R^{0.3}r^{0.3}$ の冪乗0.3は、数量化Ⅰ類の解析の最適値として導かれたものである。これと同様に当重回帰式においても R と r の冪乗の最適値を模索したい。

（参考文献）

- (1) 岡田, 杉山, 野口, 村石: 統計的手法による鉄道盛土の降雨災害危険度の評価手法, No. 448, 土木学会論文集, 1992.
- (2) 杉山, 岡田, 秋山, 山崎, 垣尾, 村石, 佐溝: 盛土の豪雨時崩壊事例への限界雨量による災害危険度評価法の適用, 降雨と地震から危険斜面を守る地盤工学に関するシンポジウム, 地盤工学会, 1997.

表-1 数値化の方法

アイテム	カテゴリー	与える数量
縦断 形態 T_L	Ⅰ	①一般・③落込勾配
		2
	Ⅱ	①一般・②切盛境界
		2

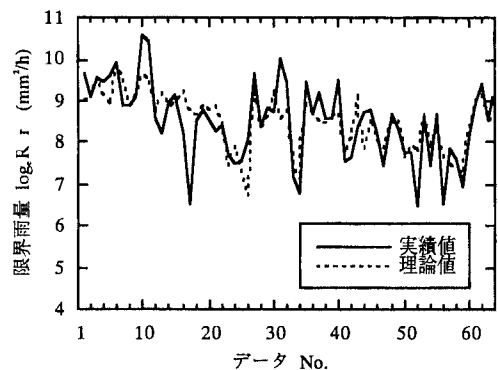


図-1 実績値と理論値の関係