

III-A227

鉄道盛土の降雨災害危険度評価法の冪乗積重回帰式の最適化

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

1998年8月の北関東・南東北豪雨により東北本線など18線区が被害を受け、特に東北本線黒田原・豊原間では高さ約20m、延長100mにわたって盛土が崩壊し、その崩壊土量は20000m³にも達する被害を受けた。翌月の9月には、高知地方を襲った豪雨により土讃線繁藤・新改間では高さ約40mの沢渡り盛土が崩壊する災害があった。

このような鉄道盛土の降雨による崩壊の危険性をマクロに予知・予測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を既に開発した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を外的基準とする数量化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JR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た場合の適用性について検討することにした。この時、冪乗を既往の危険度評価法と同じにした場合については既に報告した³⁾。ここでは、この冪乗の最適化について報告する。

2. 限界雨量による盛土崩壊の危険度評価法の概要¹⁾

既往の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

(1) 冪乗積による危険度評価法の基本式

既往の危険度評価法の式(1)によれば、たとえば極めて低い盛土、極言すれば $H=0$ 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、崩壊しない盛土にも関わらず、式(1)の左辺はある限界雨量 $R^{0.3} r^{0.3}$ を与えることになり(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)、矛盾が生じることになる。

この矛盾を避けるために、限界雨量 $R^m r^n$ (m, n は定数)は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。ただし式(1)と同じアイテムを用いることにすれば、限界雨量は、

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)

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

で表され、各アイテムは定数 a_i ($i=1\sim10$)の冪乗を有するものとした。

(2) 冪乗 m と n を既往の限界雨量式と同じにした場合の解析結果

既往の危険度評価法である式(1)における限界雨量の冪乗は、連続雨量 R と時間雨量に対して、それぞれ0.3である。式(2)のそれらを $m=n=0.3$ とした場合の解析結果については、既に報告した³⁾。それによれば、重相関係数は $r=0.754$ であった。

4. 冪乗積を用いた重回帰式の最適化

上述の3.(2)では限界雨量の冪乗をそれぞれ $m=n=0.3$ としたものであった。しかし、この値は既報の2.の解析において、 m と n を任意に変えて解析して限界雨量 $R^m r^n$ が最大の重相関係数を持つように設定したものである¹⁾。したがって、 $m=n=0.3$ は式(2)の最適値とはなっていない。

そこで、式(2)において、 m と n を任意に変えて、その重相関係数が最大となるものを求めた。その結果は図1のようになるが、式(2)の右辺と左辺はそれぞれ冪乗積になっているので、 $n/m=b$ (ただし b は定数)の直線上では重相関係数は同じ値をとる。これによれば、 $m=1.2$ 、 $n=0.8$ で、重相関係数は最大となり、 $r=0.756$ となった。これは、先に求めた $m=n=0.3$ のときの r とそれほど変わらないが、これを最適値とする。この時の重回帰式は、

$$\begin{aligned} R^{1.2} r^{0.8} = & 4.061 \cdot H^{-0.036} S_E^{0.019} Nc^{0.049} k^{0.006} \\ & \cdot S_{B1}^{-0.162} S_{B2}^{0.121} \theta_B^{-0.055} \\ & \cdot (W_{G1}^{-0.075} W_{G2}^{-0.506}) (T_{L1}^{0.186} T_{L2}^{-0.188}) \\ & \cdot (T_{H1}^{-0.051} T_{H2}^{-0.158}) R_E^{0.091} \quad \dots (3) \end{aligned}$$

のようになり、この式(3)による計算値(理論値)と実測値の関係は図2のようになる。

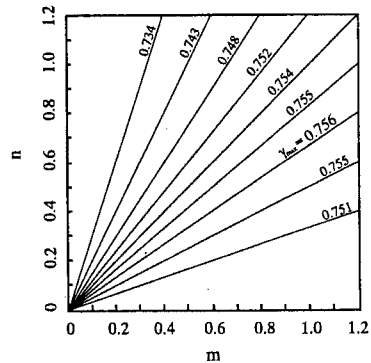


図1 重相関係数 r の等値線

5. あとがき

限界雨量である連続雨量 R と時間雨量 r の冪乗の最適値は、それぞれ $m=1.2$ 、 $n=0.8$ となったが、図1に示す範囲を動く限りにおいては、式(3)の右辺の最適化をその都度はおこなっているため、重相関係数 r は大きく変動しないことも明らかになった。

式(3)に示す冪乗積を用いた重回帰式は比較的良好な重相関係数を有することが判った。したがって盛土高さなどのアイテムが極端な場合についても連続化が図られることになり、より使い易い危険度評価法を得ることができた。

(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.
- (3) 岡田, 土田, 杉山, 村石: 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の改良, 土木学会第53回年次学術講演会概要集Ⅲ, 1998

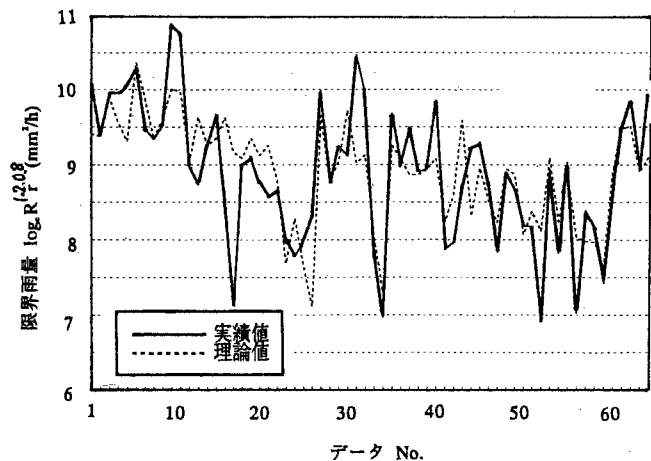


図2 $m=1.2$ 、 $n=0.8$ の時の理論値と実測値の比較