

IV-19 実効雨量を用いた盛土の危険度評価手法についての一考察

（財）鉄道総研 正員 山崎 慎介 正員 杉山 友康 正員 村石 尚
 国士舘大学 710- 岡田 勝也

1. はじめに

鉄道沿線の盛土は梅雨期や台風等の降雨によってしばしば崩壊し、安全で安定した輸送を目的とする鉄道にとって大きな障害となっており、鉄道では、様々な防災対策を実施するとともに、線区の特性にあった運転規制を実施している。このため、鉄道の保守担当者にとっては、降雨による盛土崩壊の危険性を判断する危険度評価手法が必要である。

一方、筆者ら¹⁾は鉄道沿線斜面災害時の降雨パターン分析によって、現在鉄道で用いられている雨量指標の一つである連続雨量では必ずしも補足できない災害、すなわち先行降雨が影響すると思われる災害が全体の約20%発生していることを明らかにした。

本報告は、鉄道盛土の降雨災害危険度の評価手法²⁾をもとに、先行降雨を考慮した実効雨量を新しい雨量指標として取り入れた場合の危険度評価手法について検討したものである。

2. 既往の降雨災害危険度評価手法

前述の盛土の降雨災害危険度の評価手法は、過去の災害データをもとに数量化Ⅰ類による多変量解析によって求められたもので、限界雨量 $R^{0.3} r^{0.3}$ は以下によって求められる²⁾。

$$R^{0.3} r^{0.3} = P + \sum (H, S_E, N_G, k, S_B, \theta_B, W_G, T_L, T_H, R_E) \cdots \cdots (1)$$

ここに、 R ：連続雨量 r ：時間雨量 P ：基本点(13.14) H ：盛土高さ S_E ：土質 N_G ：盛土強度

S_B ：表層地盤地質 θ_B ：基盤傾斜角 k ：透水係数 W_G ：集水地形 T_L ：縦断形態

T_H ：横断形態 R_E ：経験雨量（各アイテムのカテゴリー分類は表1による。）

3. 実効雨量を用いた多変量解析

3. 1 実効雨量の定義

実効雨量にはいくつかの定義があるが、最も簡単な表現に次式がある。

$$R_c = \sum_{i=0}^n \alpha^i r_i \cdots \cdots (2)$$

$$\alpha = 0.5^{1/M}$$

ここに、 R_c ：実効雨量 r_0 ：該当時の雨量

r_i ： i 時間前の雨量 i ：経過時間

α ：減少係数（ $0 < \alpha < 1$ ） M ：半減期

3. 2 実効雨量を用いた降雨災害危険度評価手法

実効雨量を用いた解析を行うにあたり、式（1）の連続雨量 R を実効雨量 R_c と置き換えた次式を仮定した。

$$R_c^{0.3} r^{0.3} = P + \sum (H, S_E, N_G, k, S_B, \theta_B, W_G, T_L, T_H, R_E) \cdots \cdots (3)$$

この式（3）をもとに、前述と同様の数量化Ⅰ類による多変量解析を行った。ここで、実効雨量を算出するにあたっては、データの統一を図るために災害発生前30日分のアメダス雨量データを用いた。また、半減期 M については、 $M=12$ hから12hピッチで120hまでの10通りとした。

4. 解析結果

4. 1 半減期 M と重相関係数 r_0

表1 解析に使用した条件とカテゴリー分類

条 件 (アイテム)	カテゴリー				
	1	2	3	4	5
盛土の高さ H	～3m	3～10	10～	-----	-----
構 造	粘性土	砂質土	礫質土	-----	-----
土 質	盛土強度 N_G	～4	4～6	6～8	8～
基盤の 構造・土質	表層地盤地質 S_B	冲積層	その他	-----	-----
	基盤傾斜角 θ_B	平坦	10度以上	-----	-----
集水 浸透	透水係数 k	～ $10^{-10}/s$	$10^{-10} \sim 10^{-9}/s$	$10^{-9} \sim 10^{-8}/s$	$10^{-8} \sim 10^{-7}/s$
	集水地形 W_G	無	対象斜面側	反対側	-----
	縦断形態 T_L	切盛境界・ 落込勾配点	平坦・ 単勾配	-----	-----
	横断形態 T_H	純盛	片切片盛・ 腹付け盛土	-----	-----
経験雨量	経験雨量 $\times 10^4$ R_E	～2	2～5	5～10	10～15
				15～	

解析の結果により得られた半減期 M と重相関係数 r_o の関係を図1に示す。これによると重相関係数 r_o は、半減期 M が長くなるにつれて高い値を示すが、半減期 $M=48$ h付近からは r_o の増加の傾向は緩やかになっていき、重相関係数からみれば半減期 M に有為な差はなくなる。また、半減期 M を長くすると、実効雨量 R_c を算出するにあたり多数のデータが必要となり、実用的には好ましくない。

4. 2 半減期 M と偏相関係数

解析結果より得られた各アイテムの偏相関係数の関係を示すと図2のようになる。

式(1)による解析と同様に式(3)による解析結果からも、経験雨量 R_E が最も高い変相関係数を有しており、各アイテムの寄与度の順位は半減期 M にかかわらずほぼ一定であるが、 $M=12$ h、 24 hでは他の半減期に比べて θ_B と S_B の寄与度が小さくなる。

4. 3 $M=72$ hにおけるカテゴリースコア

式(1)による解析結果と式(3)による $M=72$ hの場合の解析結果から得られたカテゴリースコアを示すと図3のようになる。両者を比較すると、それぞれのアイテムにおいて、高さ H と土質 S_E を除いてはほぼ同様の値の変化を示している。例えば、盛土高さ H において、式(1)では H が高くなるにつれて、そのカテゴリースコアは小さくなっていくが、式(3)においては H が3～10 mのカテゴリーで最も高いスコアとなっている。これは、他の半減期についても同様の結果となっている。

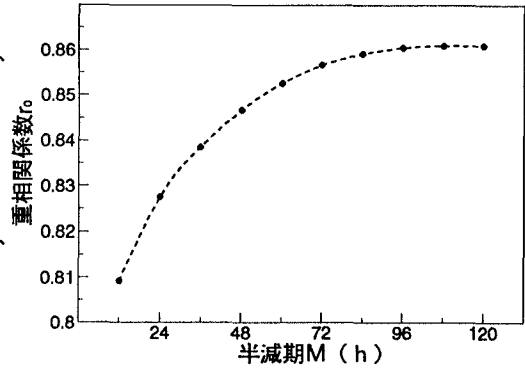


図1 半減期別の重相関係数

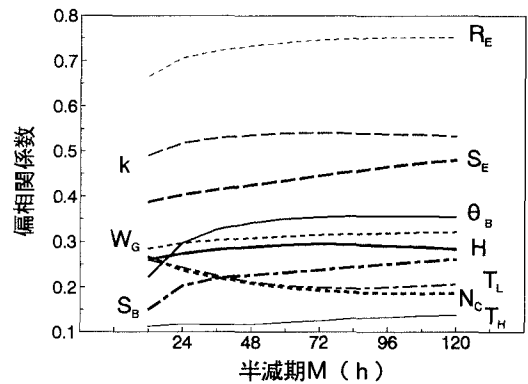


図2 半減期別の偏相関係数

アイテム	H			S _E			N _C				S _B		θ _B		k				W _G			T _L		T _H		R _E				
カテゴリー	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	1	2	1	2	1	2	3	4	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	4	5
$R_c^{0.3r0.3}$	+	0.61	0.23		0.07	0.14		0.85	0.65		0.22		1.34		0.28		0.88		0.52		3.23		0.95		0.21		0.41		2.47	3.13
	-		1.53					1.18			0.38		1.10		0.17		0.41		1.83				0.63		0.16		2.85		0.15	
偏相関係数		0.308			0.165			0.427			0.147		0.461		0.207				0.484				0.350		0.081				0.731	
$R_c^{0.3r0.3}$	+	0.57			0.27			0.44		0.67		0.41		1.09		0.87		1.00		0.83		4.17		0.59		0.35		2.38	4.91	
	-		1.49					1.39			0.88		0.98		0.13		1.08				2.02		0.31		0.28		2.84		0.28	
偏相関係数		0.295			0.193			0.446			0.238		0.354		0.315				0.541				0.199		0.126				0.746	

図3 式(1)と式(3)（但し、 $M=72$ h）のカテゴリースコア

5. おわりに

実効雨量 R_c と時間雨量 r のべき乗を0.3とした今回の解析結果からは、アイテムの解釈については十分検討する余地があるが、重相関係数 r_o は半減期 M が48時間を越えたあたりから徐々に収束をはじめます。

今後、実効雨量を考慮に入れた式(3)の解析において、べき乗の値を変化させた解析を行い、重相関係数 r_o やその他の観点から最適な半減期を求め、この半減期による実効雨量を雨量指標とした盛土の危険度評価手法を検討したいと考えている。

「参考文献」1) 山崎ら：鉄道沿線斜面災害時の降雨パターン分析、第31回地盤工学研究発表会、1996.7

2) 岡田ら：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、土木学会論文集、No.448/Ⅲ-19、1992