

落石災害リスク評価とその利用方法のケーススタディ

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○高馬 太一 布川 修 フェロー 杉山 友康

1. はじめに

鉄道では、落石災害から列車の安全を確保するために、数多く存在する沿線斜面から落石の危険箇所を抽出し、これらの箇所に対して落石防止網などの対策を行っている。こうした対策をより効率的に行うためには、対策後の効果を定量的な指標をもとに評価することが必要となる。そこで筆者らは、上記評価が可能となるリスク評価手法に着目し、対策前後のリスクを算出、比較することで防災対策の意思決定を支援する方法について検討した¹⁾。

本稿では、この手法を具体的に示すために実施したケーススタディの結果を報告する。

2 落石リスクの算出方法

落石リスク R (円/年)は、落石による年間あたりの期待損失額と定義し、式(1)により落石により生じる事象ごとの発生頻度期待値 P_i (回/年)と損失 C_i (円/回)を乗じて求める¹⁾²⁾。図 1 に落石災害に対するイベントツリーを示す。

$$R=\sum(P_i\times C_i) \quad (i=1\sim 10)\cdots\cdots (1)$$

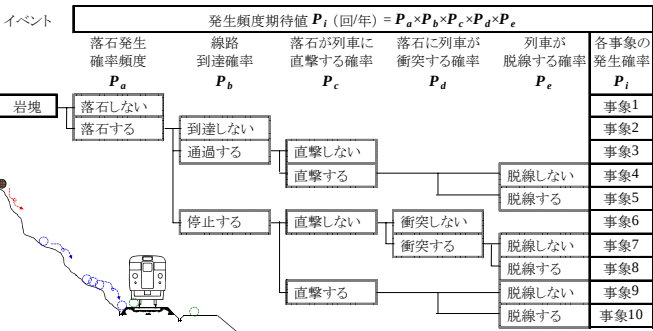


図 1 落石災害に対するイベントツリー

3 ケーススタディ

3. 1 検討対象

岩塊の対策前のリスク R は 135.6(万円/年)であり²⁾、この岩塊を対象として各種対策後のリスク R' を算出する。

対象案は、図 2 のように対策に必要な費用と対策工の特徴が異なる3種類の対策案を設定した。なお、それぞれの対策費用 C_T は、対策案①は300 万円、対策案②は100 万円、対策案③は 750 万円と仮定した。このように対策に必要な費用や対策工の特徴が示されていても、これらの条件のみで対策の方法を決定することは難しい。

以下に、各種対策による効果とそれらを考慮した対策後の発生頻度期待値 P'_i の算出方法を示す。

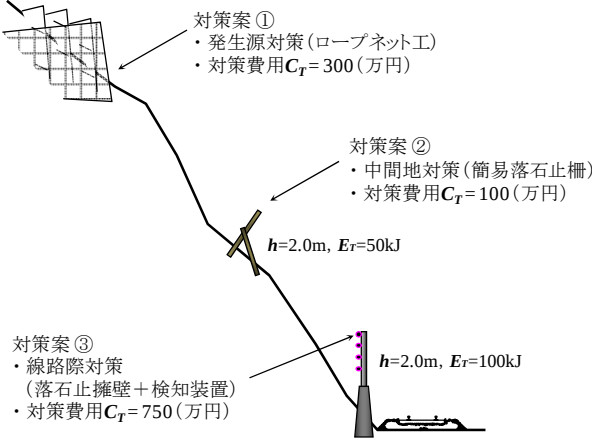


図 2 ケーススタディにおける対策案

3. 2 発生頻度期待値 P'_i

表 1 に対策前後の発生頻度期待値の算出条件を示す。

対策案①は、発生源位置で予防するため対策後は岩塊が落下しないという特徴がある。そこで、対策後の落石発生確率 P'_a は0になると仮定した。対策案②は、岩塊を斜面途中で防護するという効果がある。そこで、対策後も落下はするが線路到達確率 P'_b は無対策時と比較して小さくすると考える。具体的には、無対策時と同様に岩塊の到達位置を3つに区分し、対策工を考慮した落石シミュレーションを実施して対策後の線路到達確率 P'_b を求めた(図 3)。対策案③は、岩塊を線路際で防護するという効果に加え、岩塊が線路に到達した場合にも検知装置によって岩塊と列車との衝突や列車の脱線を回避できるという特徴がある。そこで、防護効果については、対策案②と同様に線路到達確率 P'_b を求めた。また、列車の進入防止効果は、衝突する確率 P'_d が0になると仮定することで考慮した。

キーワード 落石, リスク評価, 落石対策

連絡先 〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 防災技術研究部 地盤防災 Tel.042-573-7263

3.3 試算結果

図4に対策後リスク R' の試算結果を、表4に各対策案の評価結果の一覧を示す。これらより、すべての対策案において、対策前リスク R が低減していることがわかる。また、対策後リスク R' は、対策案によってそれぞれ異なる値となることからわかる。ここで、対策前後のリスク差(以下、リスク低減効果 $\Delta B (=R-R')$ という)を比較すると、リスク低減効果 ΔB は対策案①>対策案③>対策案②の順で大きい。さらにこの値 ΔB と対策費用 C_T から求まる費用対効果 $X (= \Delta B/C_T)$ を比較すれば、対策案②>対策案①>対策案③の順で大きい結果となる。つまり、対策案①は効果は大きく効率は中程度である、対策案②は効果は小さいが効率は良い、対策案③は効果は中程度であるが効率的ではない、との情報が得られる。この情報をもとに対策案を決定すると、効果を指標とすれば「対策案①」が、効率を指標とすれば「対策案②」が定量的に選定できる。

なお、岩塊と岩塊が位置する路線の組み合わせが異なれば、ここで求めたリスク低減効果 ΔB や費用対効果 X の値は、線路の特性(営業収益、旅客数)に応じて様々に変化することが予想される。つまり、岩塊の危険度や災害発生時の被害の程度などを考慮して、対象箇所線路に応じた適切な対策の方法が選定できると考えられる。

対策に必要な費用や対策工の特徴が示されている、別々の指標であるため、個々の条件のみで効率的な対策の方法を決定することは難しいことを前述した。本稿で示した方法により、落石災害に対する危険性をリスクとして求め、さらに、対策によるリスク低減効果 ΔB や費用対効果 X を算出、比較することで、定量的な指標をもとに防災投資の意思決定が可能になると考える。

4. おわりに

本稿では、防災投資の意思決定を支援するために、落石災害に対する危険性をリスクとして算出する手法と対策工の設置効果を定量化する手法について検討し、この評価手法の実務で利用を考慮して、対策の方法を決定する具体的な利用方法について示した。

今後は、実際の斜面に本手法を適用し、実務での適用性について検討していく予定である。

参考文献

- 1) 布川ら：鉄道沿線斜面を対象とした落石災害リスク評価とその利用方法，第66回年次学術講演会，2011，(投稿中)
- 2) 高馬ら：リスク評価を用いた落石災害に対する防災投資の意思決定手法 第65回年次学術講演会，2010

表1 発生頻度期待値 P_i (回/年)の算出条件

パラメータ	対策前	対策後		
		対策案①	対策案②	対策案③
落石発生確率 P_a	0.5	0.0	0.5	0.5
線路到達確率	P_{b1}	0.84	0.98	0.98
	P_{b2}	0.10	0.01	0.00
	P_{b3}	0.06	0.01	0.02
直撃する確率 P_c	0.008	0.008	0.008	0.008
衝突する確率 P_d	0.3	0.3	0.3	0.0
脱線する確率 P_e	0.1	0.1	0.1	0.0

※) $P_i = P_a \times P_b \times P_c \times P_d \times P_e$ (事象 $i=1 \sim 10$)

注) P_{b1} ：線路まで到達しない確率

P_{b2} ：線路を通過する確率

P_{b3} ：線路で停止する確率

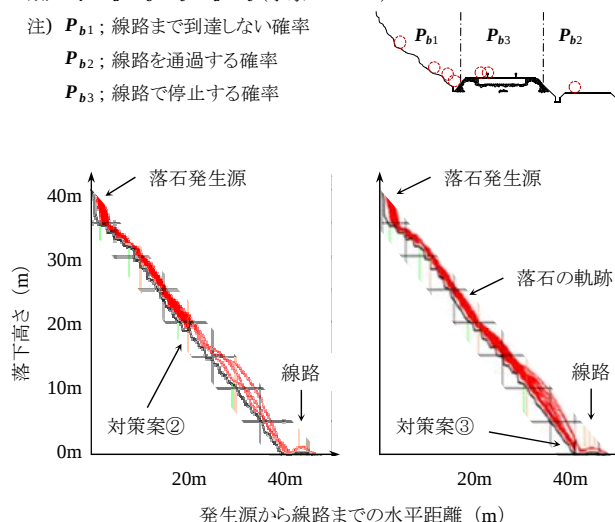


図3 落石シミュレーション結果

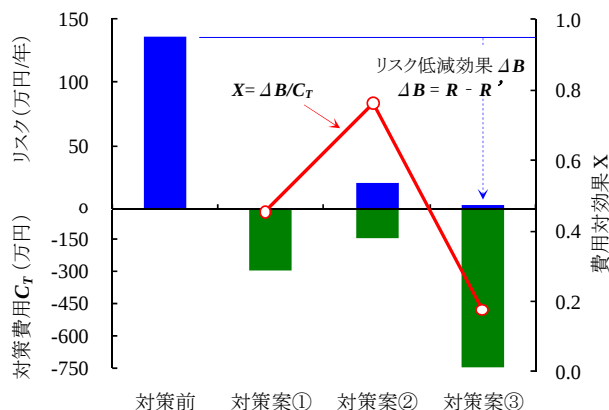


図4 リスク低減効果 ΔB と費用対効果 X の結果

表2 各対策案の評価結果

対策案	対策案①	対策案②	対策案③
対策前リスク R	135.6		
対策後リスク R'	0.0	21.5	3.2
対策費用 C_T	300	150	750
低減効果 ΔB	135.6 (大)	114.1 (小)	132.4 (中)
費用対効果 X	0.45 (中)	0.76 (大)	0.18 (小)