

リスク評価における鉄道斜面災害の被害確率頻度算出の考え方

J R 九州 正会員 ○ 淵脇晃

鉄道総合技術研究所 正会員 森泰樹 正会員 布川修

正会員 杉山友康

大成建設 正会員 畑明仁 正会員 堀倫裕

正会員 亀村勝美

1. はじめに

鉄道では、車両、電気、信号、土木など様々な分野が一体となって安全かつ安定した輸送を確保することが基本である。毎年のように鉄道沿線で発生する斜面災害は、安全・安定輸送の大きな阻害要因となっていることから、鉄道の土木分野では斜面が崩壊しないようにコンクリートで防護するなどのハード対策を必要な箇所から行うとともに、降雨時の雨量があらかじめ設定した雨量を超えるとときに列車の運転を規制するなどのソフト対策を実施している。鉄道には輸送量が多い所から少ない所まで様々な線区があり、線区の特徴を考慮した上でハード対策とソフト対策を最適に組み合わせることが必要であるが、両者の組み合わせは技術者の経験により決定しているのが現状である。そこで、当研究所では斜面災害対策を定量的に評価するために、リスク評価手法を用いて、斜面災害をリスクとして算出する方法について検討している。

本稿では、斜面災害をリスクとして算出する方法の考え方と、リスクを算出する上で必要な年間あたりに発生する被害頻度を確率的に算出する考え方について述べる。

2. リスク算出の考え方

図1に線区の特徴が異なるA・B・Cの3線区を例として示す。図1のように、「旅客数」と「斜面の危険度」が個別に定量化されていても、斜面災害対策の要否や順位を定量的に判断することは困難である。そこで、「旅客数」や「斜面の危険度」などを考慮して、線区ごとに発生すると想定される斜面災害をリスクとして算出する。ここで、リスク R (円/年)は降雨によって生じる斜面崩壊に関わる年間あたりの被害額とし、式(1)に示すように、確率的に算出する年間の被害頻度(以下、被害確率頻度という)と被害が発生することで生じるコスト C_i を乗じたものと定義する。

$$R = \sum (n_i \times C_i) \quad \dots\dots (1)$$

R : リスク (円/年) n_i : 被害確率頻度 (回/年)

C_i : 被害が生じた際に必要なコスト (円/回)

3. 被害確率頻度算出の考え方

3.1 概要

被害確率頻度 n_i は、同じ斜面災害であっても被害発生時の状況(運転規制発令の有無、発生時間帯など)によってコストが変化することを考慮し、発生時の状況に応じて算出する。被害確率頻度 n_i の算出式を式(2)に示す。

$$n_i = n_a \times P_a \times P_b \quad \dots\dots (2)$$

n_a : 限界雨量曲線および階段状の運転規制値から確率的に算出される崩壊発生の年間頻度(崩壊確率頻度, 回/年)

P_a : 運転時間内であるか、運転時間外であるかの確率(運転時間帯確率)

P_b : 崩壊により車両に影響が及ぶ確率(車両被害確率)

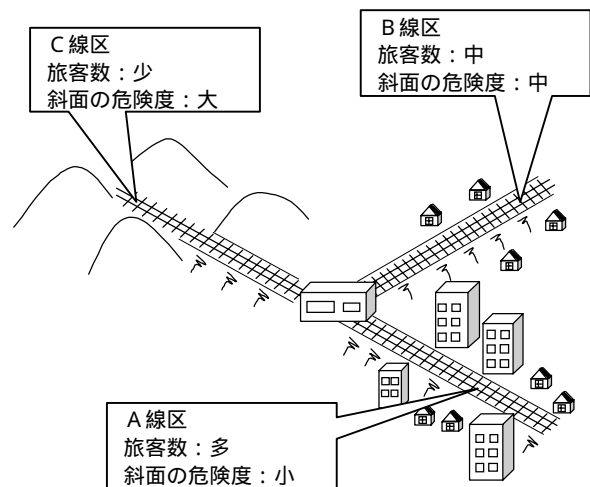


図1 特性の異なる線区の例

キーワード 斜面災害, リスク, 運転規制, 限界雨量, 被害確率頻度

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7263

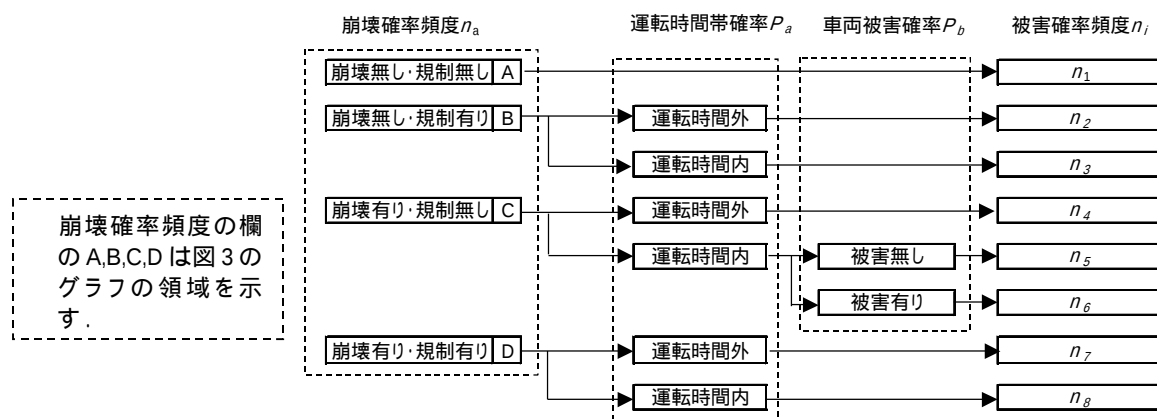


図2 被害確率頻度の算出フロー

なお、被害確率頻度は3つの事象の組み合わせであることから、イベントツリーで表すこととした。図2に、崩壊確率頻度 n_a 、運転時間帯確率 P_a 、車両被害確率 P_b から求まる被害確率頻度 n_i の算出フローを示す。

3.2 崩壊確率頻度

崩壊確率頻度は、対象斜面の危険度を評価するとともに、その地域の降雨特性を考慮することによって算出する。ただし、鉄道ではある一定降雨量に達した場合に、運転中止等の運転規制を実施するため、斜面崩壊が発生しなくても運輸収入の減少等の被害が生じる。また、運転規制が発令されているか否かによって、斜面崩壊が発生した場合の被害が異なることから、崩壊確率頻度は運転規制発令の有無を考慮して算出する。なお、斜面の崩壊危険度を評価する手法として、鉄道総研が開発した限界雨量を算出する斜面の危険度評価手法^{1) 2)}を用いる。この手法を用いると、斜面個々の崩壊危険度をJRの運転規制で用いられている連続雨量と時間雨量の2軸上に、曲線(限界雨量曲線という)として表わすことができる。図3に階段状の運転規制値と限界雨量曲線のイメージを示す。限界雨量曲線を超えるような降雨の場合に、斜面が崩壊する危険があると判断される。図3に示すA～Dの4つの領域ごとに、崩壊確率頻度を斜面近傍のアメダスデータ等を解析することにより求めることとする。

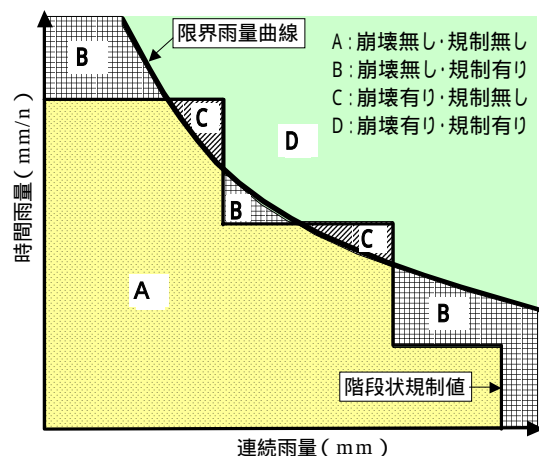


図3 限界雨量曲線と階段状の運転規制値との関係

3.3 運転時間帯確率および車両被害確率

斜面災害発生時の時間帯によって被害が異なるため、運転時間帯確率を算出する。算出方法としては、対象斜面を通過する始発列車から最終列車までの時間を算出し、24時間で除することによってその割合を求める。

また、斜面災害が発生した場合の条件によっては、車両に被害が及ぶ場合とそうでない場合がある。このため、斜面条件や線形や防護工等を考慮し、車両に被害が及ぶ確率を算出する。

4. おわりに

今回は、斜面災害に対するリスク評価手法の適用についてその基本的概念を述べるとともに、リスク算出のために必要な被害確率頻度を算出する考え方について述べた。今後は崩壊確率頻度 n_a 、運転時間帯確率 P_a 、車両被害確率 P_b の具体的な算出方法とコストについて検討していく。

【参考文献】

- 1) 杉山友康: 降雨時の鉄道斜面災害防止のための危険度評価手法に関する研究, 鉄道総研報告, Vol.19, No.5 1997
- 2) 杉山友康, 岡田勝也, 秋山保行, 村石尚, 奈良利孝: 鉄道盛土の崩壊限界雨量に及ばず防護工の効果, 土木学会論文集 No.644/VI-46, pp161-171, 2000.3