

降雨に対する盛土・切土のリスク算出方法に関する検討

鉄道総研 正会員 ○森 泰樹 正会員 布川 修
 フェロー会員 杉山友康 正会員 太田直之
 J R九州 正会員 淵脇 晃
 大成建設 正会員 畑 明仁 正会員 堀 倫裕
 フェロー会員 亀村勝美

1. はじめに

鉄道では、重要線区や閑散線区等さまざまな線区があるため、それらの特性を考慮して防災投資の順序やハード、ソフト対策の最適な組み合わせを決定することが望ましい。そこで本稿では、線区の特性が異なる盛土、切土（以下、斜面という）を対象として、降雨時におけるリスク（以下、リスクという）を算出し、その結果を用いて防災投資の順序を定量的に決定する方法について検討した結果を述べる。

2. リスクの定義

図1に示すように、線区の特性が異なるA・B・Cの3線区に斜面が存在する場合、「旅客数」と「斜面の危険度」が個別に定量化されていても、防災投資の順序や対策の最適な組み合わせを定量的に決定することは困難である。そこで、これらを定量的な指標に基づいて決定するために、リスク評価手法を用いて旅客数や斜面の危険度などを考慮してリスクを算出する方法を検討した。ここで、リスク R_{isk} （円／年）は式(1)に示すように、降雨の年間発生頻度 n 、降雨により被害が発生する確率 P （以下、被害発生確率という）、被害が発生することで生じる損失 C を乗じたもの、つまり、降雨により想定される年間あたりの期待損失と定義する。

$$R_{isk} = n \times P \times C \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 R_{isk} ：リスク（円／年）、 n ：降雨の年間発生頻度（回／年）、 P ：被害発生確率、 C ：被害が生じた際に必要な損失（円／回）

3. リスクの算出方法

3.1 降雨の年間発生頻度

降雨の年間発生頻度分布（以下、降雨ハザードという）は、過去の降雨データから作成した降雨の年間発生頻度分布を対数正規分布関数により近似した結果を用いることとした¹⁾（図2）。

3.2 被害発生確率の算出方法

被害発生確率は、降雨時に斜面崩壊した場合、運転規制の有無、発生時間帯などの状況によって損失が変化することを考慮し、式(2)に示すように3つの確率²⁾を乗ずることで求める。

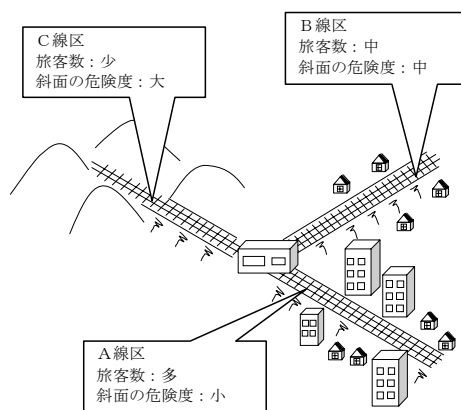


図1 特性の異なる線区の例

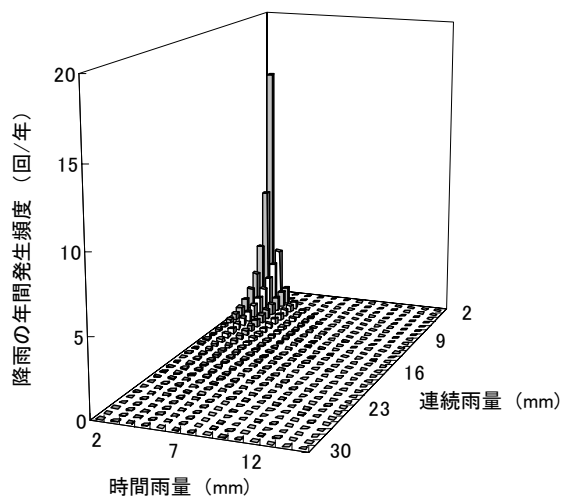


図2 降雨ハザード（近似後）

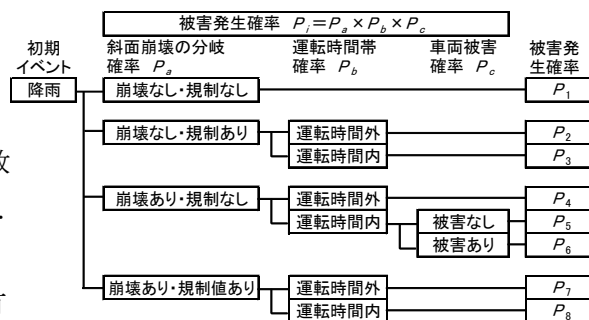


図3 損失算定に考慮するイベントツリー

キーワード 降雨、斜面崩壊、リスク、防災対策

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 TEL 042-573-7263

$$P = P_a \times P_b \times P_c \cdots \cdots (2)$$

ここで、 P_a : 斜面が崩壊するかもしれないかの確率(斜面崩壊の分岐確率)、
 P_b : 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_c : 斜面崩壊により車両が被害を受ける確率(車両被害確率)

被害発生確率は図3に示すようにイベントツリー形式で求める。

3.3 斜面崩壊の分岐確率の算出方法

斜面崩壊の分岐確率の算出には、限界雨量に基づく斜面の危険度評価手法³⁾により求められる対象斜面の限界雨量を用いることとした。限界雨量から判断する崩壊の有無と運転規制の有無との関係を図4に示す。なお、斜面崩壊の分岐確率は図3のイベントツリーを用いて4つの事象に分類する。

崩壊確率分布(以下、フラジリティカーブという)は、限界雨量が評価基準作成時に用いたデータの実績値と予測値との残差と同じばらつきをもつ正規分布であると仮定し、図5のように表されるものを用いる。

3.4 損失項目の設定とリスクの算出

損失Cを算出するためには、被害が発生した場合の損失項目を決定する必要がある。そこで、今回は、仮に損失項目を図6に示すように6項目設定した。リスクは、各事象の被害発生確率とその事象ごとの損失を乗じて、それらをすべて足し合わせることで算出される。

4. リスク算出結果の利用方法

図7に、盛土4箇所を対象としたリスクの算出結果と限界雨量を示す。現状のリスクを比較するとB線区b盛土のリスクが比較的高いことが分かる。一方、ハード対策後のリスクは各盛土ともに大幅に低くなり、その値もほぼ等しいため、現状のリスクが高い盛土ほどリスクの低減効果も大きい結果となった。また、A線区a盛土の場合、限界雨量は2番目に大きく斜面の耐雨性は比較的大きいが、一方で現状のリスクは2番目に高く危険性が比較的高い結果となる。このように、斜面の条件のみを考慮して求めた限界雨量に対し、現状のリスクは線区のさまざまな特性(営業費用や崩壊発生時の復旧費用など)を考慮して求めており、これらから定量的に決定できる危険度の順序は、限界雨量とリスクを用いる場合では異なる結果となること分かる。

5. おわりに

本稿では線区の特徴が異なる斜面を対象として、リスク評価手法を用いて防災投資の順位を定量的に決定する手法について検討した結果を述べた。今後は、本稿の成果をもとに、対策の最適な組み合わせを決定する方法について検討する予定である。

【参考文献】1) 布川修, 森泰樹, 杉山友康, 太田直之, 畑明仁, 堀倫裕, 亀村勝美: 降雨に対する鉄道沿線斜面リスクを求めるための降雨ハザードの近似関数化, 第63回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, 2008.9(投稿中), 2) 淵脇晃, 森泰樹, 布川修, 杉山友康, 畑明仁, 堀倫裕, 亀村勝美: 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, 第62回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, 2007.9, 3) 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

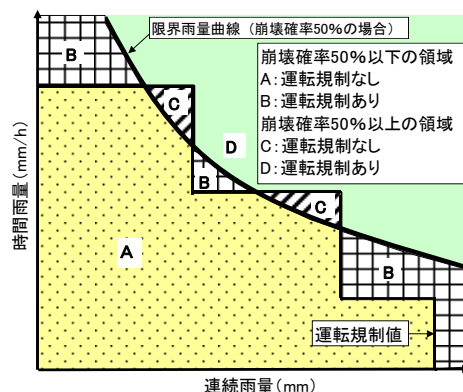


図4 限界雨量と運転規制値の関係

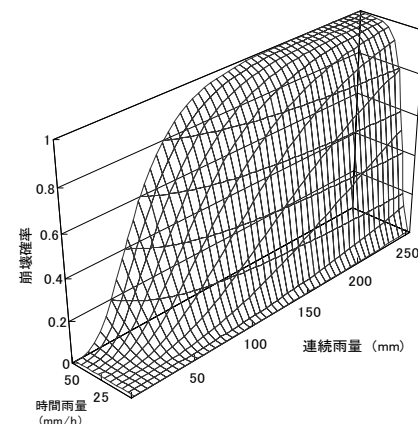


図5 フラジリティカーブ

被害発生確率	被害発生時の損失(円/回)						各事象のリスク	対象斜面のリスク
	人的被害額	車両被害額	応急費用	復旧費用	代行輸送費	営業損失		
P_1	—	—	—	—	—	—	$n_1 \times P_1 \times C_1$	$R_{\text{計}} = \sum (n_i \times P_i \times C_i)$
P_2	—	—	—	—	—	—	$n_2 \times P_2 \times C_2$	
P_3	—	—	—	—	—	○	$n_3 \times P_3 \times C_3$	
P_4	—	—	○	○	△	○	$n_4 \times P_4 \times C_4$	
P_5	—	—	○	○	○	○	$n_5 \times P_5 \times C_5$	
P_6	△	○	○	○	△	○	$n_6 \times P_6 \times C_6$	
P_7	—	—	○	○	△	○	$n_7 \times P_7 \times C_7$	
P_8	—	—	○	○	△	○	$n_8 \times P_8 \times C_8$	

※被害発生時の損失を設定する必要がある場合に○印を付けている(△印は必要により設定)

図6 被害発生時の損失項目

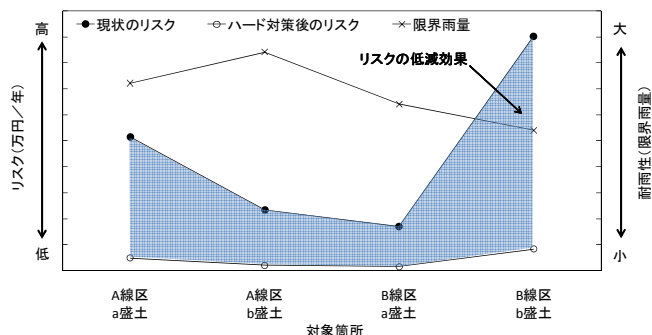


図7 リスク算出結果の例