

第IV部門

高速道路における斜面災害に対する降雨時通行規制基準値の最適設定手法の提案

大阪大学大学院工学研究科	学生員	○音地拓
西日本高速道路株式会社	正会員	櫻谷慶治
大阪大学大学院工学研究科	正会員	小濱健吾
大阪大学大学院工学研究科	学生員	水谷大二郎
大阪大学大学院工学研究科	正会員	貝戸清之

1. はじめに

高速道路において、降雨時の通行規制は斜面災害から利用者への被害を未然に防ぐために実施され、現行の通行規制の評価基準には、連続雨量と時間雨量が採用されている。しかしながら、近年、局所的かつ短時間での豪雨が増加しており、高速道路において通行規制実施前に斜面災害が発生する事例や通行規制実施後に斜面災害が発生しない事例が報告されている。これらの事例の発生数は、通行規制基準値により変動し、管理者は両者を考慮した上で通行規制基準値を設定する必要がある。しかしながら、現行の規制基準値設定手法では、2つの事例がリスクとして定量的に評価されていない。さらに、規制基準値の設定過程には、管理者の経験や主観に依存している部分が存在するため、現行の設定手法には改善の余地があると考えられる。

本研究では、斜面災害の発生確率（以下、斜面災害発生モデル）と斜面災害を誘発させる降雨の発生確率（以下、降雨量分布）を表現し、斜面災害の発生を定量的に評価する。さらに、2つの事例をリスクとして定量化し、両者を可能な限り低減させる降雨量を最適通行規制基準値として設定する方法論を提案する。

2. 現象のモデル化とモデルの推定

(1) 斜面災害発生モデル

斜面災害発生の有無は、2値変数で表されることから、2項ロジットモデル³⁾を援用し、斜面災害発生モデルを定式化する。本研究では、斜面災害の発生に寄与する要因として最大連続雨量に着目し、斜面災害発生モデルの説明変数として採用する。また、斜面災害発生モデルにおける未知パラメータは、最尤推定法により推定する。推定に用いるデータは高速道路沿線のアメダス観測局において1995年から2014年に観測され

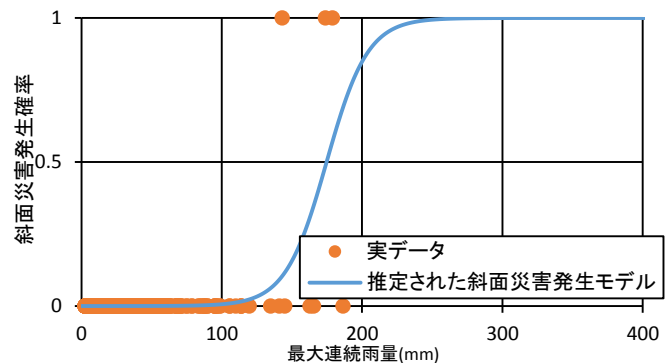


図-1 斜面災害発生モデル

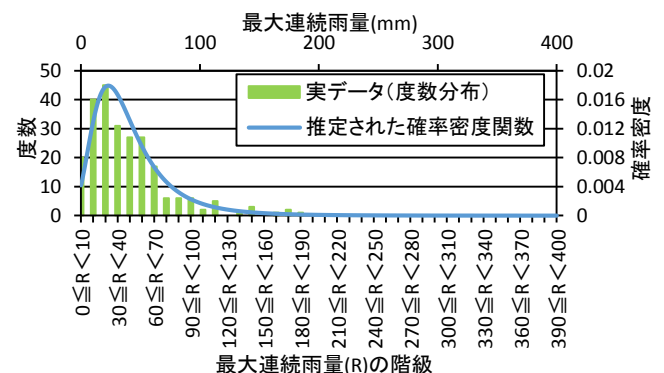


図-2 降雨量分布

た一連の最大連続雨量とした。これにより、図-1に示すように任意の最大連続雨量での斜面災害発生確率を求めることが可能となる。

(2) 降雨量分布

斜面災害発生モデルの説明変数として採用した最大連続雨量をもたらす降雨の発生確率を降雨量分布として表現する。その際、最大連続雨量のとり得る分布形状を考慮し、本研究では、一般極値分布を援用することにより表現する。また、降雨量分布の確率密度関数における形状パラメータ、位置パラメータ、尺度パラメータは、最尤推定法により推定する。推定に用いる

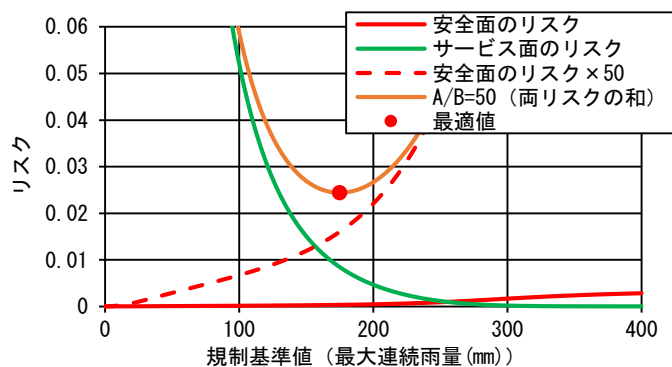


図-3 規制基準値とリスクの関係

データは当該観測局において 1995 年から 2014 年に観測された月別の最大連続雨量とした。図-2 に推定された降雨量分布の確率密度関数を示す。

3. 降雨時通行規制基準値の最適化

(1) リスクの定式化

推定された斜面災害発生確率と降雨量分布の確率密度関数との積によりリスクを定義する。まず、安全面のリスクを通行規制実施前に斜面災害が発生する確率で定義する。さらに、サービス面のリスクを通行規制実施後に斜面災害が発生しない確率で定義する。これらの 2 つのリスクは規制基準値を大きく設定すると安全面のリスクは増加するのに対し、サービス面のリスクは低減される。一方で、規制基準値を小さく設定すると安全面のリスクは低減されるのに対し、サービス面のリスクは増加する。このように両リスクの間にはトレードオフの関係が存在し、同時に低減させることは不可能である。そこで、最適化モデルにより両リスクを可能な限り低減させる降雨量を最適通行規制基準値として設定する。

(2) 最適化モデル

一般的に、管理者が安全面のリスクとサービス面のリスクを対等のリスクとして捉えることは考えにくい。そこで、両リスクの重要性を考慮するために安全面のリスク、サービス面のリスクのそれぞれに係数 A, B を掛け合わせる。ここで、 A/B は、両リスクの重要性の比を表す。さらに、両リスクの和を求め、それを最小化する値を降雨時通行規制基準値の最適値として決定する。図-3 に安全面のリスク、サービス面のリスク、安全面のリスクを 50 倍したものを示す。これにより、両リスクの重要性の比を $A/B=50$ と設定した場合の両リスクの和が算出でき、最適値が一意に決定される。しかしながら、図-4 に示すよう

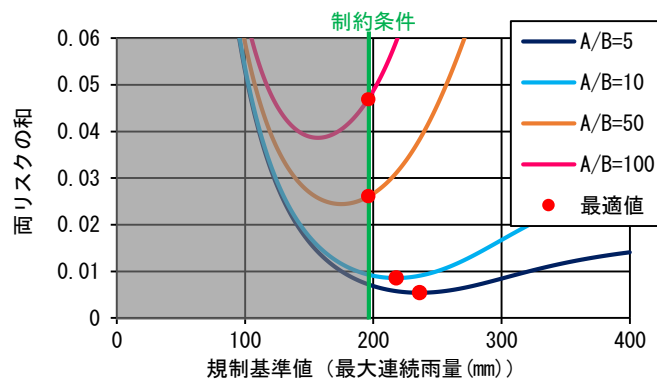


図-4 制約条件と最適値の関係

に、安全面のリスクの重要性を上げると最適値は 0mm に近づき、常に通行規制を実施することとなる。そこで、高速道路における最低限のサービス水準を確保するために、サービス面のリスクの上限値として制約条件を付与する。これにより、サービス面のリスクの増加を制限しつつ、両リスクの重要性を考慮した最適通行規制基準値が一意に決定される。

4. おわりに

本研究で示した方法論により、高速道路管理者は両リスクの係数と制約条件を設定することにより最適通行規制基準値を一意に決定することが可能となる。また、この方法論では、最新の斜面災害情報や気象特性の変化を逐次考慮し、最適通行規制基準値に反映することが可能である。

一方で、今後の課題としては、第 1 に、本研究では、斜面災害発生モデルで考慮した説明変数は最大連続雨量に留まったため、最大時間雨量(誘因情報)や地盤特性(素因情報)を考慮することによるモデルの精度の向上、第 2 に、連続雨量の定義を変更することによる最適通行規制基準値の変動についての分析、をあげることができる。

【参考文献】

- 1) 大津宏康, 梅川祐一郎: 社会経済的損失を考慮した豪雨時の事前通行規制に関する検討, 建設マネジメント研究論文集, Vol.15, pp.1-11, 2008.
- 2) 山田敦浩, 竹本大昭, 小林央宜, 倉本和正, 荒川雅生, 中山弘隆, 古川浩平: 豪雨時の道路事前通行規制基準雨量の設定に関する研究, 砂防学会誌, Vol.57, No.6, pp.28-39, 2005.
- 3) 川越清樹, 風間聡, 沢本正樹: 数値地理情報と降雨極値データを利用した土砂災害発生確率モデルの構築, 自然災害科学, Vol.27, No.1, pp.69-83, 2008.