

高速道路における降雨時通行規制によるリスク管理手法を用いた基準値設定に関する考察

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

1. はじめに

道路や鉄道などの管理者にとって異常降雨時における通行規制は、利用者の安全・安心のための有効なソフト対策の一つである。西日本高速道路株式会社（以下 NEXCO 西日本）が管理する高速道路においても、過去の経験降雨や災害履歴を元に区間毎に連続雨量と時間雨量を用いた基準値が設定され運用されている。規制基準に関して、基準超過前の災害発生（見逃し）や基準超過後の災害未発生（空振り）を最小化することが課題の一つとして挙げられる。筆者らは、見逃しと空振りをそれぞれ安全面のリスク、サービス面のリスクとして定量化し、両リスクの和を最小化するリスク管理手法の確立を目指している。本研究では、筆者らが提案している手法を具体的な高速道路に適用し、基準値設定上の課題と試算された基準値に対する考察を行った。

2. 最適化モデル

筆者らは、式 (1) ~ (3) による異常降雨時のリスクを最適化するモデルを提案¹⁾している。(1) 式は安全面のリスクを、(2) 式はサービス面のリスクを、(3) 式は両リスクの和を最小化するモデル（最適化モデル）をそれぞれ表しているが詳細は参考文献¹⁾に委ねる。

$$R_1(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{Y}) = \int_0^{\bar{X}_1} \int_0^{\infty} p_a(x|\beta) f(x, y|a) dy dx + \int_{\bar{X}_1}^{\bar{X}_2} \int_0^{\bar{Y}} p_a(x|\beta) f(x, y|a) dy dx \quad (1)$$

$$R_2(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{Y}) = \int_{\bar{X}_1}^{\bar{X}_2} \int_{\bar{Y}}^{\infty} p_b(x|\beta) f(x, y|a) dy dx + \int_{\bar{X}_2}^{\infty} \int_0^{\infty} p_b(x|\beta) f(x, y|a) dy dx \quad (2)$$

$$\min(A \times R_1(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{Y}) + B \times R_2(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{Y})) \quad (3)$$

\bar{X}_1 : 連続雨量基準値 (組合せ雨量)
 \bar{X}_2 : 連続雨量基準値
 \bar{Y} : 時間雨量基準値 (組合せ雨量)
 β : 斜面災害発生モデルのパラメータ
 a : 降雨量分布のパラメータ

3. モデルの適用

本研究では、NEXCO 西日本が管理する実際の高速道路を対象にモデルの適用を行った。対象とした路線は延長約 120km、パラメータ推定のために用いた標準地域メッシュの第3次メッシュ区間は 145 メッシュの路線である。

表-1 リスク金額換算における想定条件

| 項目番号 | 内容 | 数値 |
|------|--------------------|-------------|
| 1 | 被害者1名当たり交通事故損害額(円) | 259,000,000 |
| 2 | 平均乗員数(人/台) | 2 |
| 3 | 日断面交通量(台/日) | 30,000 |
| 4 | 走行速度(km/h) | 100 |
| 5 | 停止距離(m) | 100 |
| 6 | 1回あたりの通行規制時間(h) | 10 |
| 7 | 通行料金収入(円/台) | 500 |

(1) 最適化モデルにおける重み付けパラメータの決定

式 (3) の A 及び B は重み付けパラメータである。すなわち、最適化モデルは安全面のリスクとサービス面のリスクを同等に評価せず、両リスクに重みを与えた上でリスクを最小化するモデルである。ここではこの重み付けを金額換算で行うこととした。安全面のリスクの金額換算としては、発生した1件の災害に伴う人身損害を仮定する。またサービス面のリスクの金額換算としては、1回の通行規制により得られなくなる本来得られるはずであった料金収入を仮定する。それぞれの金額換算のために想定した条件は表-1に示している。同表の項目1については内閣府資料²⁾から引用し、それ以外は筆者らが研究上仮定した数値である。また、安全面のリスク金額換算における計算手法は大津らによって提案されている手法³⁾を用いた。計算結果を表-2に示す。計算結果から、今回想定した条件下では安全面のリスクはサービス面のリスクの57倍であることがわかる。よって、本研究では A=57, B=1 とすることとする。

表-2 リスク金額換算計算結果

| 項目 | 計算結果 |
|--------------|--------------|
| a) 安全面のリスク | 356,125,000円 |
| b) サービス面のリスク | 6,250,000円 |
| c) a)÷b) | 57.0 |

(2) 基準値の試算

前節で算出した A, B を用いて、対象とした路線の中で災害履歴のある1インターチェンジ区間(16メッシュ)を抽出し基準値を試算した。メッシュ108における式(1)の計算結果を図-1に、式(2)の計算結果を図-2に示す。試算した基準値は、現在 NEXCO 西日本が運用している連続雨量基準(図-1, 2中の赤線)と組合せ雨量基準

キーワード 高速道路, 斜面災害, 通行規制基準, リスクマネジメント

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-8 西日本高速道路(株)関西支社 櫻谷慶治 k.sakuradani.aa@w-nexco.co.jp

(図-1, 2 中の灰色線)の2種類である. 式(3)による計算は, 図-1, 2 中の基準値の線を移動させ, 左右の領域の積分值であるそれぞれのリスクに重み付けパラメータ A, B を掛け, その両者の和の最小値を

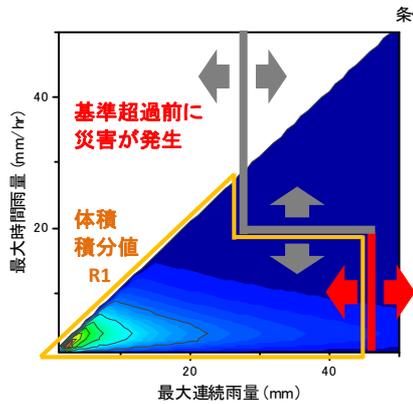


図-1 安全面のリスク計算結果

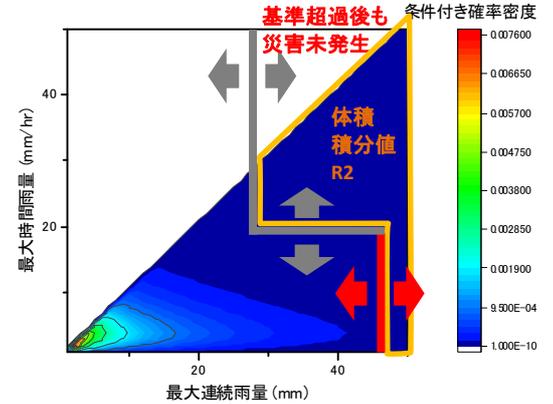


図-2 サービス面のリスク計算結果

求めることである. 試算結果を表-3 に示す. 今回の試算において, 組合せ雨量基準を変動させた場合, リスクの差に対して統計的に有意ではなく, 連続雨量のみ基準値が決定される結果となった.

表-3 通行規制基準値試算結果

4. 試算された基準値に対する考察

前章で試算された通行規制基準値と本モデルのパラメータ推定に用いた雨量データを比較した結果, 試算された基準値を超える降雨データは確認されなかった. すなわち, 対象インターチェンジ区間で発生した災害は見逃されることになる基準値が算出された結果となった. これは, 他のインターチェンジ区間の災害が, 当該区間で発生した災害の連続雨量

| メッシュ No | 構造物 比率 | 切土面積 | 試算結果 | | |
|---------|--------|----------|-------------|-----------|-----------|
| | | | 連続雨量基準 (mm) | 組合せ雨量基準 | |
| | | | | 連続雨量 (mm) | 時間雨量 (mm) |
| 105 | 0.0 | 32,747.3 | 361.0 | (361.0) | — |
| 106 | 69.0 | 5,287.3 | 367.0 | (367.0) | — |
| 107 | 29.0 | 10,958.5 | 365.0 | (365.0) | — |
| 108 | 24.3 | 19,109.7 | 364.0 | (364.0) | — |
| 109 | 12.2 | 14,240.6 | 365.0 | (365.0) | — |
| 110 | 86.0 | 6,923.8 | 366.0 | (366.0) | — |
| 111 | 71.0 | 19,275.9 | 364.0 | (364.0) | — |
| 112 | 15.5 | 54,756.3 | 356.0 | (356.0) | — |
| 113 | 89.7 | 6,333.0 | 366.0 | (366.0) | — |
| 114 | 99.1 | 5,839.5 | 366.0 | (366.0) | — |
| 115 | 100.0 | 0.0 | — | — | — |
| 116 | 97.9 | 0.0 | 365.0 | (365.0) | — |
| 117 | 71.8 | 10,978.5 | 364.0 | (364.0) | — |
| 118 | 63.7 | 17,801.9 | 346.0 | (346.0) | — |
| 119 | 45.9 | 43,206.8 | 360.0 | (360.0) | — |
| 120 | 0.0 | 57,146.2 | 368.0 | (368.0) | — |

よりも大きな連続雨量で発生していることに起因している. 確率論的な議論をする場合に, 見逃し, 空振り両事象の発生を肯定した上で定量的に評価することが必要であるが, 道路等管理者にとって, 過去に災害が発生した降雨量を超える雨量を基準値として設定することは, 十分な対策が施工されない限り認められない. また, 時間雨量を変動させた場合に統計的に有意な結果が得られなかったことは, 災害発生確率に時間雨量を反映していないことが原因として考えられる. 加えて, 高速道路の排水構造物は確率雨量(何年に1回発生する降雨)を元に設計されているため, その点も考慮する必要がある. 災害発生確率に時間雨量を加味すること, 過去の災害発生時の雨量及び確率雨量を制約条件としてモデルに加味することが今後の課題といえる.

5. おわりに

本研究では, 筆者らが提案する確率論的リスク管理手法を具体的な高速道路に適用し, 降雨時通行規制基準値設定上の課題と試算された基準値に対する考察を行った. 結果を以下に示す.

- 1) 安全面のリスク, サービス面のリスクについて, 金額換算により重み付けを行う手法を提案した.
- 2) 提案したモデルによりメッシュ単位での基準値を一意に決定できることを確認した.
- 3) 提案モデルに対して, 今後追加すべき説明変数(時間雨量)及び制約条件(災害発生時雨量, 確率雨量)を具体的に示した.

参考文献

- 1) 音地拓, 櫻谷慶治, 小濱健吾, 貝戸清之: 高速道路における降雨時通行規制によるリスク評価手法, 土木学会第72回年次学術講演会, 2017
- 2) 内閣府政策統括官: 交通事故の被害・損失の経済的分析に関する調査研究 報告書, 平成19年3月
- 3) 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, 2008