

ブータン王国における国道橋梁の土砂災害リスク評価

芝浦工業大学大学院

学生会員

○岡田 将弥

芝浦工業大学

正会員

ヘンリー マイケル

Ministry of Infrastructure and Transport, Bhutan

Dhan Raj Chhetri

1. 研究背景・目的

ブータン王国では道路交通が移動・輸送の重要な役割を担っている。しかし、主要道路は5本の国道のみと少ないため、迂回路がほとんど存在しない。また、雨季には土砂災害が頻発し、道路は土砂でふさがれ、橋梁は破壊されている。一般に、道路部への被害の場合は土砂の除去で復旧が済むが、橋梁部への被害の場合はほとんどで再建設が必要なため、道路部への被害時より復旧に時間とコストを要する。このようにブータン王国では迂回路が少ない上で交通の遮断が生じるのでその際には都市間の移動ができなくなる。こうした背景を踏まえて本研究ではブータン王国の国道橋梁を対象としたハザード指数と暴露指数を算出し、それらを基に各橋梁の土砂災害リスクを定量的に評価することを目的とする。

2. 主な使用データ

以下の3つのデータはいずれもブータン王国の道路局である DoR（現 DoST）が作成したものである。

2.1 ブータン王国道路データベース

ブータン王国内の国道の様子を約 10m おきに記録したデータベースを使用した。本データには道路の位置や高度、橋梁の位置や形式などが記録されている。使用する際にはデータ整理を行い橋梁のみのデータベースを作成した。整理の結果、全 416 橋のデータベースとなったが、位置情報が欠落している橋梁があったため、R 算出の対象としたのは 345 橋である。

2.2 自然災害データ (2019-2021)

2019-2021 年にブータン王国内で発生した自然災害のデータを使用した。データ内容としては災害の被害があった国道上の位置(以下災害発生ポイント)、発生年、災害種などが記されている。災害は全部で5種の記録があったが、このうち本研究では発生件数が 395 件と最も多かった崩壊のみを分析の対象とした。

2.3 交通量データ (2018)

2018 年 9 月 15 日～2018 年 9 月 30 日の各日午前 6 時～午後 6 時における各都市間の交通量データを使用した。全 61 区間の交通量が記録されている。DoST 職員によると交通量は1年を通して差がないとのことであったのでこのデータのみを採用している。

3. 各指数の定義と算出方法

3.1 ハザード指数 (H)

ハザード指数(H)は式(1)で定義した。また、図1に災害発生ポイントと橋梁の位置図を示した。

$$H = 1 - \frac{d}{d_{\max}} \cdots (1) \quad (d_{\max} < d \text{ のとき } H = 0)$$

式(1)における d は図1の各橋梁から最も近い災害発生ポイントまでの距離である。d_{max} は今までにブータン王国で起きた崩壊の最大規模で、DoST 職員へのヒアリングの結果、1,000m を採用した。

Hの取りうる範囲は $0 \leq H \leq 1$ である。

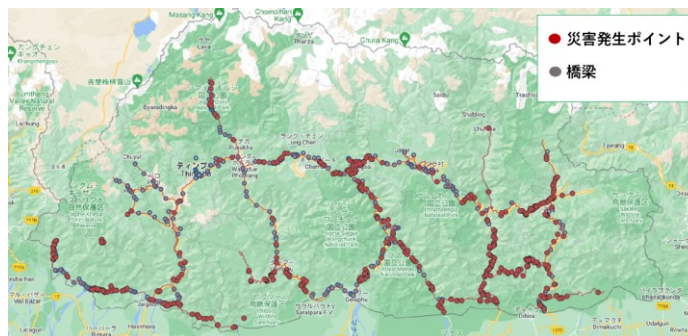


図1 災害発生ポイントと橋梁位置図

キーワード ブータン王国, 橋梁, 土砂災害リスク, 暴露指数, ハザード指数, 崩壊

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL:03-5859-8363 E-mail:mh23007@shibaura-it.ac.jp

3.2 暴露指数(E)

暴露は各橋梁の交通量として定義した。E として算出する際には交通量を 0～1 で正規化している。

3.3 土砂災害リスク (R)

保田、白木らの「橋梁長寿命化修繕計画における自然災害リスクの反映方法の提案」を参考に⁽¹⁾、土砂災害リスク(R)は次の式(2)で定義した。

$$R = H \times E \cdots (2)$$

(2)式では、各橋梁と災害発生ポイントの距離が近いほど、各橋梁の交通量が多いほど R の値が高くなる。

4. 各指数の算出結果と考察

4.1 ハザード指数 (H)

図 2 に H の分布図を示した。この図の丸で示してある部分に比較的 H の値が高い、すなわち崩壊の被害に遭いやすい橋梁が多く分布していた。また、西部に属する橋梁全体の 68% が H=0 であった。

4.2 暴露指数 (E)

図 3 に暴露指数(E)のヒストグラムを示した。全 345 橋の内 285 橋(約 82.6%)が $0 \leq E \leq 0.2$ であった。つまり、交通量が非常に多い橋梁はごくわずかであり、ほとんどの橋梁は比較的に交通量が少ないということである。また、それらの交通量の差は非常に大きいものであった。

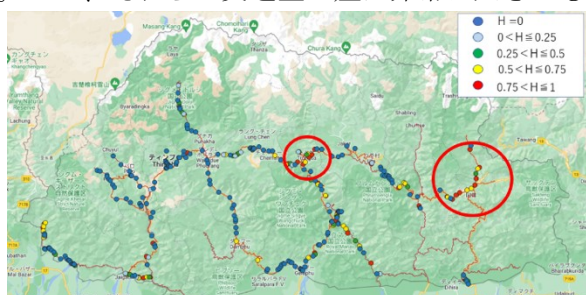


図 2 ハザード指数分布図

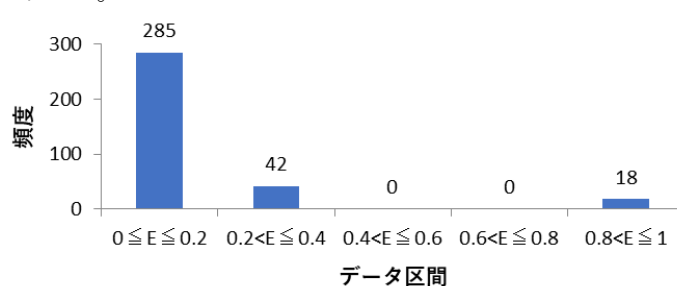


図 3 暴露指数ヒストグラム(345 橋)

4.3 土砂災害リスク (R)

まず、H と E の散布図を図 4 に示した。H は 0～1 でまんべんなく分布しているのに対し、E はおおむね 0.4 以下に収まっている。つまり、R の値が大きい場合、そのほとんどのケースで H の影響が大きいということである。また、図 5 には R の分布図を示した。R の算出ができた 345 橋の内、全体の約 60%(210 橋)は R=0 であった。図 5 における R の区分は $R \neq 0$ と算出された残りの約 40%(135 橋)のデータ分布を 4 等分したものである。分布の結果としては図 2 の丸で示した部分と同じ位置に R の値が高い橋梁が位置していた。

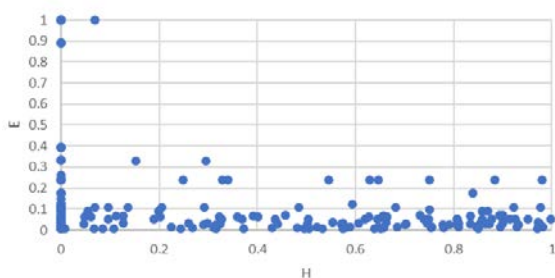


図 4 H と E の散布図

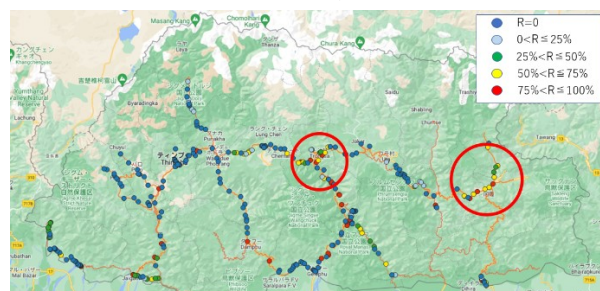


図 5 土砂災害リスク分布

5. 結論

H の算出の結果、崩壊の被害に遭いやすい地域を特定したので、災害の復旧時に使用する重機をあらかじめその付近に配置することができ、復旧時間の短縮につながると考える。また、R の算出により土砂災害リスクの高い地域を特定したので、今後はそこへの新規建設を避けたり、避けられない場合は事前に対策を施せる。

参考文献

(1)保田敬一,白木渡:橋梁長寿命化修繕計画における自然災害リスクの反映方法の提案,土木学会論文集 F6(安全問題),Vol.75,No.2,I_137-I_156,2019