

熊本都市圏交通ネットワークを対象とした橋梁耐震補強効果の検討

熊本大学大学院 学生会員 渡辺 晋也 熊本大学大学院 正会員 松田 泰治
熊本大学大学院 正会員 溝上 章志 熊本大学大学院 正会員 藤見 俊夫

1. はじめに

現在全国的に既設橋梁の耐震補強が進められているが、その際の事業評価、あるいは将来の補強計画の検討においては、補強による橋梁施設自体の耐震性向上へのみならず、地域の交通ネットワークの信頼性向上への寄与について評価することが望ましく、現在その合理的な評価手法の確立が強く求められている。それを踏まえ、本研究では橋梁耐震補強効果の評価分析手法として、状態列挙法とモンテカルロシミュレーションを用いた分析手法の提案を行った。また、熊本都市圏交通ネットワークへの手法の適用を行い、「緊急輸送道路の橋梁耐震補強三箇年プログラム」に基づく耐震補強の交通ネットワーク信頼性向上への寄与について示し、将来の合理的な耐震補強計画選定に向けた提言を検討した。本手法のフローチャートを示し(図-1)、以下その概要を述べる。

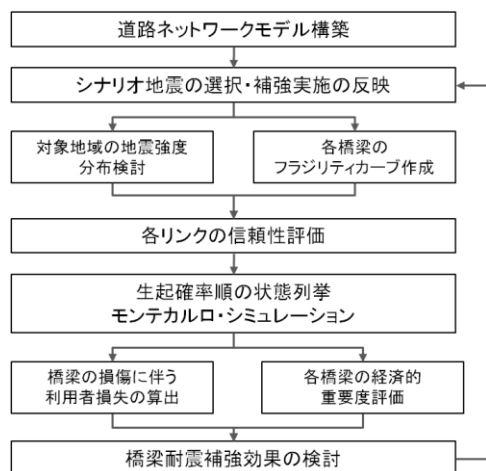


図-1 評価手法のフローチャート

2. ネットワーク信頼性評価手法概要

橋梁の損傷に伴う橋梁施設本体の復旧費用と、利用者の迂回によるトリップ費用の増加による損失額を本研究の提案手法においては地震時の交通ネットワークの信頼性を示す指標として選択し、利用者均衡配分モデルによりその算定を行った。また、あわせてリンクの断絶や極度の混雑によりトリップが不可能となったとき利用者が被る損失についても算定することとした。

想定しうる膨大な被災パターンから効率的に被害額の推計を行う為の手法として、能島ら¹⁾による手法を元に、生起確率の高い順に被災パターンを列挙する状態列挙法と

モンテカルロシミュレーションを併用する手法を用いた。

ここで、道路ネットワークに含むリンク数を n とし、リンク i が橋梁の損壊により利用不可能である状態 ($x_i=1$) と通行可能な状態 ($x_i=0$) の 2 状態を取るとき、ある特定のシナリオ地震におけるネットワークの被災パターンはベクトル $S_k=\{x_1^k, \dots, x_n^k\}$ で表わすことができる。それらの生起確率を $Q(S^k)$ 、生じる損失を $G(S^k)$ として、シナリオにおける損失期待値 $G(m, n)$ を次式から推計した。

$$G(m, N) = \sum_{k=1}^m Q(S^k) G(S^k) + \left\{ 1 - \sum_{k=1}^m Q(S^k) \right\} \frac{\sum_{j=1}^N Q(S^j) G(S^j)}{\sum_{j=1}^N Q(S^j)}$$

すべての被災パターンの中から生起確率の高い順に第 m 項まで列挙し、補助的にモンテカルロシミュレーションに基づき N 回のサンプリングを行うことにより、比較的少ない回数の交通流解析によって、複数リンクの損壊により複合的に生じる迂回、混雑の影響も含めた損失期待値を求めることができる。

また、モンテカルロシミュレーションの結果に基づき対象橋梁の損壊時、非損壊時の条件付き損失期待値の比較を行い、各橋梁のネットワークの信頼性向上に対する重要度の分析も合わせ行った。

3. 熊本都市圏道路ネットワークへの適用

本手法の適用対象として熊本都市圏の道路ネットワークを選択した(図-2)。



図-2 対象ネットワーク概形

シナリオ地震としては地震調査委員会による布田川・日奈久層帯を想定した地震の震源パラメータ²⁾を使用した。司・翠川の距離減衰式により工学的基盤の最大速度を

求め、各橋梁の所在地における SI 値を簡便的に求めた。

次に加賀山ら³⁾による研究結果に基づき、対数正規分布の累積分布関数を橋梁の損壊確率と地震強度 SI 値との関係を示すフラジリティカーブとして用い、各橋梁について適用示方書による分類とフラジリティカーブの適用を行った(図-3)。なお、本研究においては直轄国道に架橋されている橋梁を評価対象橋梁とし、すべてのリンクはそのリンクが含む橋梁がすべて通行可能であるとき機能するとした。また、損壊したすべての橋梁は 300 日間通行不能となると仮定した。

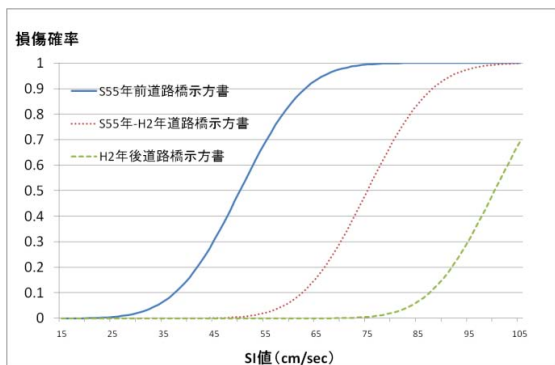


図-3 適用示方書別のフラジリティカーブ

被災パターンの状態列挙とモンテカルロシミュレーションによるサンプリングはそれぞれ 200 回行い、利用者均衡配分により各被災パターンにおける迂回によるトリップ費用の増加費用を求めた。

配分には PT 調査に基づく OD 交通量を用いたが、トリップ費用が所定の値を超える場合、利用者はトリップを中止すると仮定し、その機会損失をトリップ中止による損失とした。三箇年プログラムによる補強を受けた橋梁については S55 年・H2 年の耐震性水準を備えたと仮定し、補強プログラム実施前後の期待損失額の比較を行った。行った。また、橋梁施設本体の損壊に伴う復旧費用については日下部ら⁴⁾の試算から各橋梁の橋長・橋幅に合わせ算定した。

4. 評価結果

補強前は南部（宇土市周辺）において橋梁の損壊により集落が孤立することによるトリップ中止により甚大な損失の発生が予測されたが(図-4)、補強後その期待損失額は大きく減少した。また、不確実性が高いトリップ中止に伴う損失以外についても、補強によりその損失が減少することが示された(図-5)。また、各橋梁のネットワークの信頼性確保に対する重要度には大きなばらつきがあり、各橋梁のネットワークにおける役割、地域特性を考慮した補強の実施が必要であることを示した。

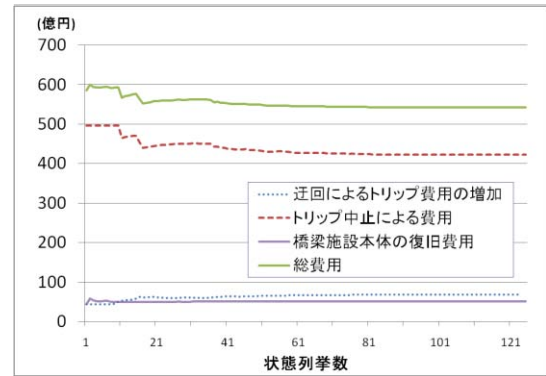


図-4 被災パターンの列挙数と期待損失額
(震源ケース1-補強プログラム実施前)

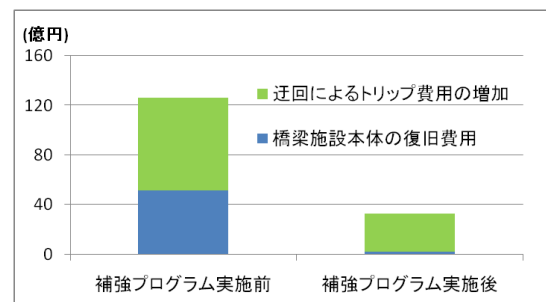


図-5 補強プログラム実施前後の損失比較

5. まとめ

迂回によるトリップ費用の増加等を評価指標とする交通ネットワーク信頼性評価手法を提案し、その手法により熊本都市圏における耐震補強事業の交通ネットワーク機能向上への寄与を示すことができた。今後、国道周辺の県道・市道の被災の考慮、各橋梁の詳細な情報に基づく損壊確率や通行規制期間の想定の一層の厳密化を行った上で、将来の橋梁耐震補強計画における優先順位の選択等への応用を見据えた、より正確性の高い分析手法を検討していきたいと考えている。

本研究を実施するにあたり国土交通省九州地方整備局熊本河川国道事務所より貴重な資料を提供頂いた。ここに心より謝意を表する。

6. 参考文献

- 1) 能島暢呂・山中敏裕：“道路ネットワークの地震時機能信頼性解析に基づく施設改善の重要度評価”，第10回日本地震工学シンポジウム論文集，1998
- 2) 地震調査委員会：布田川・日奈久断層帯の評価，2002
- 3) 加賀山泰一，奥西史伸，鈴木直人，澤田吉孝：阪神高速における地震防災システムの開発，土木学会第25回地震工学研究発表会講演論文集，pp.1033-1036,1999
- 4) 日下部毅明，谷屋秀一，吉澤勇一郎：道路施設に対する地震の防災投資効果に関する研究，国土技術政策総合研究所資料，第160号，2004