

コスト平準化及び災害時の緊急輸送道路ネットワークの接続性を考慮した 橋梁の中長期的な維持管理計画

金沢大学 正員 小川福嗣
金沢大学 正員 近田康夫

1. はじめに

橋梁をはじめとした社会インフラの老朽化及びそれらに対する対策に関する関心の高まりを受けて、今後中長期的に適切に維持管理を行えるよう橋梁長寿命化修繕計画やインフラ長寿命化修繕計画が策定された。しかし、これらは日常的な管理下における計画であり、災害時における道路ネットワークとしてのリスクマネジメントが十分に考慮されているとは言えない。計画では橋梁の重要度によって優先順位付けが行われているが、道路ネットワークの接続性を確保されるようリスク管理や維持管理に関して検討する必要がある。本稿では石川県内の橋梁及び緊急輸送道路網を対象として、災害時における途絶リスクを軽減を考慮した道路橋の中長期的な維持管理計画についてシミュレーションをおこなった結果について考察する。

2. 方法

(1) 利用するデータ

橋梁データは石川県(2003～2013年)及び金沢河川国道事務所(2004～2014年)の橋梁点検結果に記載された1,606橋の健全度および位置情報を利用し、緊急輸送道路は国土数値情報(緊急輸送道路)を利用した。緊急輸送道路上の橋梁の判定や緊急輸送道路データの整形については小川・近田¹⁾と同様の方法による。

(2) 解析条件

橋梁の点検結果は部材や損傷状態毎に記録され、それらを橋梁ごとに総合的な評価結果を健全度として評価・記録している。本研究では橋梁ごとに算出された健全度情報をシミュレーションの初期健全度として利用する。なお、本研究では橋梁の健全度は石川県の点検結果の健全度情報を集計し、その分布情報を用いて橋梁ごと点検時健全度として再設定した。ここで本研究で仮定した劣化条件を図-1に示す。シミュレーションでは経年劣化に伴い健全度が低下し、健全度2.5を下回った場合には災害時において橋梁が損傷し、当該橋梁が存在する道路ネットワークは途絶すると仮定す

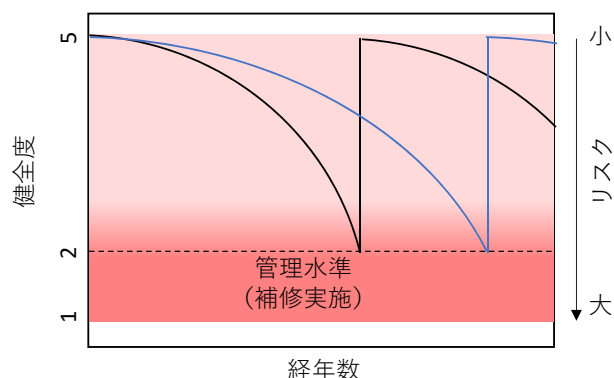


図-1 劣化モデル

る。橋梁の損傷等に伴う通行規制にかかるリスク要因は様々存在するが、ここでは特定の災害を想定せずに健全度が一定以下となった場合にはあらゆる災害に対する損傷リスクが増加するとしている。補修の際の費用は一般的な橋梁の補修コストを1ユニットとし、各橋梁の補修コストは対数正規分布 $cost \sim LN(0, 1)$ に従うと仮定しランダムに設定した。

橋梁の中長期的な維持管理計画においては予算制約などの条件から、補修優先順位を考慮している。これは橋梁ごとに社会的重要性や復旧の困難性などを考慮が考慮されているが、それらを踏まえた補修計画が道路ネットワーク接続性について十分考慮されているとは言えないといえる。橋梁を中長期的に維持管理していくにあたり、コスト平準化を行う等の制約条件から補修優先順位を決定する必要があるがこれまでは橋梁ごとに優先順位が決定されており、道路ネットワークの接続性に関する概念が十分に考慮されていなかった。道路ネットワーク接続性と予算平準化は同時に最適化することは困難であり、様々な解が考えられる。そのためここでは年度ごとの予算上限を設けたうえで、ネットワーク接続性と予算平準化の関係を示す。得られた結果を活用することで道路ネットワークとしてのリスク管理を行う場合にはどの程度の予算増加が見込まれるのか把握することが可能と考えられる。

補修の組み合わせが膨大であるため遺伝的アルゴリズム (GA) により準最適解を求める。目的関数は式 (1)

の通り設定した。収束時間短縮のため、初めにコスト平準化を目的関数とした GA により準最適解を求め、得られた結果を初期配列として利用した。

$$obj = \min \left(\sum_{i=1}^{YEAR} \sum_{j=1}^{LINK} \log(link_{ij}) + \log(cost_i) \right) \quad (1)$$

$$\text{ただし, } link_{ij} = \begin{cases} 0.1 & (link_{ij} \text{ が非接続}) \\ 1 & (link_{ij} \text{ が接続}) \end{cases}$$

ここで、 $link_{ij}$ は i 年度の道路リンク j が途絶リスクを有するか（リンク j の健全度が 2.5 未満であるか）を、 $cost_i$ は i 年度の補修費用を表す。GA のパラメータとしては、人口数 100, 交叉確率 0.6, 突然変異確率 0.01, 世代数は 5000 世代とした。

3. 解析結果と考察

(1) コスト平準化とネットワーク接続性の関係

コスト平準化とネットワーク接続性の関係について示す。世代の進行とともに連結成分の標準偏差は減少し、補修費用の標準偏差が増加する結果となった。コスト平準化による準最適解を初期配列として利用したため、補修費用は十分に平準化されているが、リンク接続性が十分に考慮されていないため、世代更新に伴い補修費用の平準化が崩され、リンク接続性の向上が図られていると考えられる。

第 1 世代と第 5000 世代の費用およびリンクの連結数の推移を図-2、図-3 に示す。仮定した条件から、30～50 年目に劣化が集中するため、予算制約の条件を緩めて予算平準化を図る必要があることに注意する必要がある。これらは道路橋の建設時期に偏りがあることを考えると十分に想定される事態であると考えられる。5000 世代目では各年度の補修コストが 1 世代目に比べばらつきが大きくなっているが、連結成分はシミュレーション期間を通して小さくすることが可能となっている。道路リンク接続性向上を図るためには劣化の集中する時期に合わせて予算を増加させる必要があることが分かる。予算平準化は中長期的な維持管理の実行において重要であるが、リスク管理の観点からは道路ネットワークの接続性を確保するよう維持管理していくことが重要である。図-4 で示したような関係性を可視化することにより、それらの目的関数最適化のための条件を可視化することができ、管理者の状況に合わせた意思決定を行う際のデータとして利用可能であると考えられる。今後はその他のケースにも適用でき

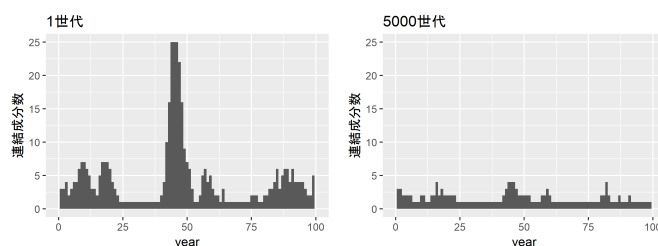


図-2 連結成分の推移

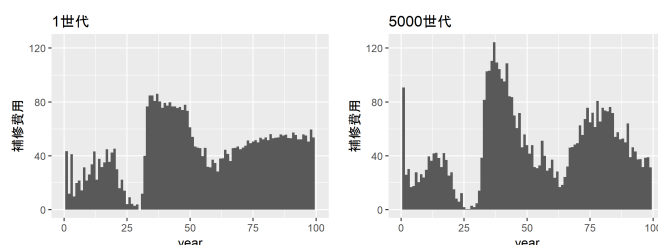


図-3 補修費用の推移

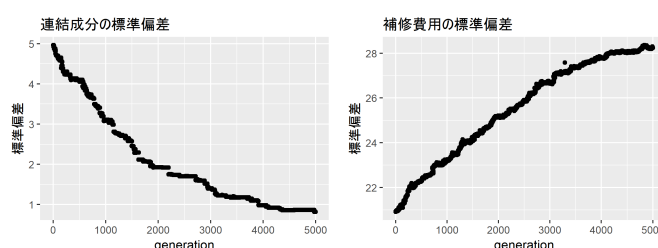


図-4 コスト及び連結成分の標準偏差

るような手法として確立する方法について検討する必要があると考えている。

4. おわりに

石川県の緊急輸送道路上に位置する橋梁を対象とした中長期的な維持管理計画について、ネットワーク接続性とコスト平準化の点から検討及び考察を行った。道路ネットワークの接続性を確保するためには、予算平準化を崩していく必要があることを示し、予算平準化と道路ネットワーク接続性の関係について示した。予算平準化と道路ネットワーク接続性については二律背反の関係があると考えられるが、それらの関係を可視化することにより意思決定の参考となる資料を提示できたと考えられる。

本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」（管理法人：JST）による。また、橋梁点検データの提供を受けた関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 小川福嗣, 近田康夫. 橋梁の劣化損傷を考慮した災害時の緊急輸送道路接続性に関する一考察. 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol. 73, No. 1, pp. 19-25, 2017.