

# 道路利用者負担を考慮した複数橋梁における長期補修計画に関する基礎分析

徳島大学大学院 学生会員 ○谷田 英駿

徳島大学大学院 正会員 奥嶋 政嗣

## 1. はじめに

現在、更新時期を迎える橋梁が数多く存在し、それらの補修・更新は限られた予算内で効率的に行う必要がある<sup>1)</sup>。一方、通行規制を伴う補修・更新工事では、道路橋梁を含む都市道路網における道路利用者負担（旅行時間の増大）についても考慮する必要がある。

本研究では、道路利用者負担を考慮した複数橋梁における長期補修計画の方法論の確立を目的とする。そのため、複数橋梁における補修シナリオを対象とし、橋梁劣化モデルと交通量配分モデルを組み合わせ推計したライフサイクルコスト(LCC)により比較評価する。

## 2. 長期補修計画の補修シナリオと評価方法

長期補修計画において、「更新型」「事後保全型」および「予防保全型」の3種類の補修シナリオを適用する。いずれの補修シナリオにおいても、4年ごとに実施される定期点検結果に応じて補修または更新を決定する。更新型シナリオでは、橋梁劣化が深刻化し、更新が必要とされるまで補修を実施しない。事後保全型シナリオは、現行方式であり、点検により橋梁劣化が明確な段階で補修が実施される。予防保全型シナリオでは、橋梁劣化の初期段階での予防的補修を想定する。

つぎに、将来における橋梁の劣化段階の推計には、統計的に構築された既存の橋梁劣化モデル<sup>2)</sup>を適用する。このモデルでは、劣化状態を7段階に区分して、年次経過に伴う劣化進行をマルコフ推移確率で表現している。本研究では、定期点検時における劣化段階の進行を、橋梁劣化モデルのマルコフ推移確率行列に基づいて確率的に決定することとする。ただし、車種別交通量による劣化の差異を表現することは課題である。

補修費用については、予防的補修、事後的補修、更新に区分して、各橋梁の橋長と幅員に応じて設定する。一方、本研究では橋梁補修時の車線規制による道路利用者負担として、交通費用の増大を考慮する。旅行時間の交通費用への換算には、時間価値を40(円/分)に設定した。さらに、長期保守計画の評価指標は、年次ごとに推計される

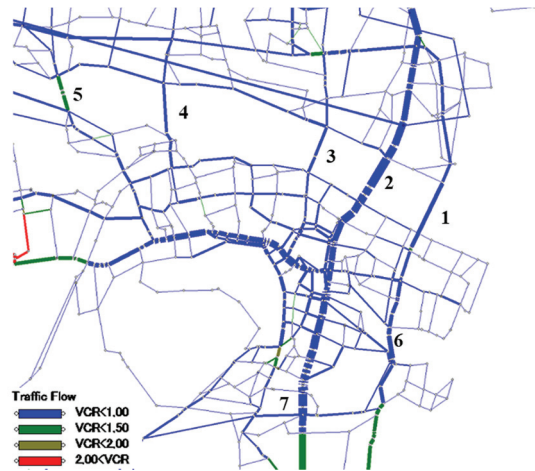


図-1 対象橋梁周辺の交通流図

補修費用と道路利用者負担の対象期間100年での総計値と、その合計であるLCCとする。

## 3. 橋梁補修による道路交通への影響分析

橋梁補修に伴う通行規制による道路交通への影響を推計する。対象橋梁は徳島市内の主要な7橋梁を選定した。そこで、対象圏域は徳島広域都市圏とし、リンク数3421、ノード数2784で構成された道路ネットワークを構築した。道路交通センサス起終点調査に基づく車種別OD表を交通需要として、確率的利用者均衡配分法により、通行規制なしでの区間交通量および総旅行時間（総交通費用）を推計した。対象橋梁周辺での区間交通量の推計結果を図-1に示す。経路分散パラメータを調整することで、主要区間での観測交通量との推計誤差が15%以内となる推計結果が得られた。

つぎに、対象橋梁での補修工事による車線規制を13パターン設定し、各パターンでの交通量推計結果として総交通費用を算定した。車線規制時の総交通費用と通行規制なしとの差として、各パターンでの道路利用者負担を推計した。その結果、1パターンを除いて道路利用者負担が正となっており、通行規制なしケースでの区間交通量が関連していることがわかる。また、代替経路における旅行時間による差異が大きく、道路ネットワークの形状と対象橋梁の位置関係による道路利用者負担への影響が大きいことが検証できた。

キーワード:LCC, 交通量配分, 予防保全

連絡先:〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1 徳島大学大学院 e-mail:okushima.masashi@tokushima-u.ac.jp

#### 4. 複数橋梁における補修シナリオの評価

対象とした 7 橋梁について橋梁劣化モデルを適用し、3 種類の補修シナリオに対応した橋梁補修シミュレーションを実行する。このとき、異なる乱数系列を与えた 10 ケースでの推計値により評価指標を算定した。

補修費用および道路利用者負担についてケース別推計結果を表-1 に示す。全ケースにおいて、補修費用および道路利用者負担ともに、更新型シナリオが最大となる。一方、道路利用者負担では全ケースにおいて予防保全型シナリオが最小となるが、補修費用では事後保全型シナリオが最小となるケースが存在した。これらは、橋梁劣化の進行が遅いケースである。

橋梁別での平均補修費用を表-2 に示す。平均補修費用では、5 橋梁において事後保全型シナリオが最小となる。しかしながら、規模の大きい橋梁 1 では予防保全型シナリオが最小で、事後保全型シナリオとの差額が 9 億円と大きい。その結果、7 橋梁合計での平均補修費用は予防保全型シナリオが最小と推計されている。

事後保全型シナリオに対する予防保全型シナリオの平均費用の差額について、時間的推移を 10 年ごとに区分して図-2 に示す。予防保全型シナリオでは、初期段階において劣化が進行している橋梁で事後的補修も含む対応が必要であるため、補修費用および道路利用者負担ともに事後保全型シナリオより高い。一方、21 年目以降において、道路利用者負担では予防保全型シナリオが明確に少ない。補修費用についても予防保全型シナリオが低額か、少なくとも同額となっている。予防保全型シナリオでは、費用が削減されかつ 100 年経過後の健全度が高い状態であることより、優位であることが検証できた。

補修シナリオ別に推計ケースによる LCC の分布を図-3 に示す。更新型シナリオについては LCC が明確に大きい。一方、事後保全型シナリオの下位 25% 値よりも、予防保全型シナリオの上位 25% 値が低く、LCC の観点からも予防保全型シナリオが優位である。しかしながら、劣化の進行が遅い場合には、補修費用の差異により事後保全型シナリオで LCC が少ないケースもみられる。したがって、予防保全型シナリオの優位性を確認するためには、橋梁劣化モデルでの補修費用の推計精度を高める必要がある。

#### 5. おわりに

本研究では、道路利用者負担を考慮した複数橋梁における長期補修計画の方法論の確立を試みた。本研究の成果は以下のように整理できる。1) 道路利用者負担の推計

表-1 補修費用および道路利用者負担の推計結果

| ケース    | 補修シナリオ |         |        |         |       |         |
|--------|--------|---------|--------|---------|-------|---------|
|        | 更新型    |         | 事後保全型  |         | 予防保全型 |         |
|        | 補修費用   | 道路利用者負担 | 補修費用   | 道路利用者負担 | 補修費用  | 道路利用者負担 |
| 1      | 867    | 1328    | 638    | 785     | 630   | 708     |
| 2      | 980    | 1337    | 659    | 754     | 629   | 692     |
| 3      | 911    | 1252    | 665    | 755     | 653   | 710     |
| 4      | 635    | 1045    | 583    | 761     | 617   | 721     |
| 5      | 980    | 1337    | 622    | 758     | 618   | 713     |
| 6      | 623    | 795     | 592    | 752     | 617   | 716     |
| 7      | 935    | 1573    | 637    | 778     | 617   | 718     |
| 8      | 759    | 1070    | 630    | 764     | 625   | 708     |
| 9      | 823    | 1212    | 626    | 731     | 617   | 710     |
| 10     | 947    | 1322    | 644    | 781     | 643   | 707     |
| 平均     | 846    | 1227    | 630    | 762     | 627   | 710     |
| ...最大値 |        |         | ...最小値 |         |       | 単位:億円   |

表-2 橋梁別平均補修費用

| 橋梁     | 橋梁情報  |       |        | 補修シナリオ |       |       |
|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|
|        | 橋長(m) | 幅員(m) | 健全度    | 更新型    | 事後保全型 | 予防保全型 |
| 1      | 1291  | 26.3  | 1      | 260    | 199   | 190   |
| 2      | 1137  | 26.3  | 4      | 229    | 170   | 173   |
| 3      | 1070  | 7     | 5      | 67     | 46    | 44    |
| 4      | 911   | 14    | 3      | 80     | 70    | 71    |
| 5      | 800   | 10    | 4      | 65     | 47    | 48    |
| 6      | 470   | 30    | 4      | 121    | 81    | 84    |
| 7      | 96.2  | 28.2  | 4      | 24     | 16    | 16    |
| 合計     |       |       |        | 846    | 630   | 627   |
| ...最大値 |       |       | ...最小値 |        |       | 単位:億円 |

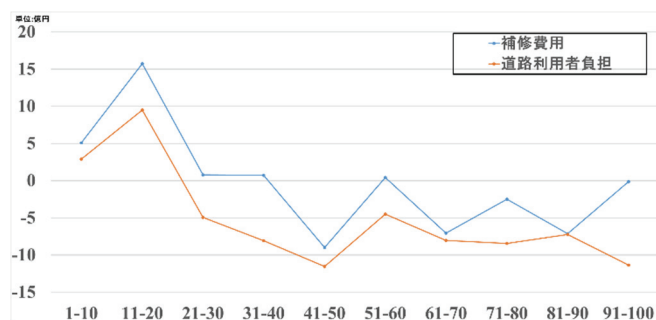


図-2 事後保全型に対する予防保全型の平均費用差額

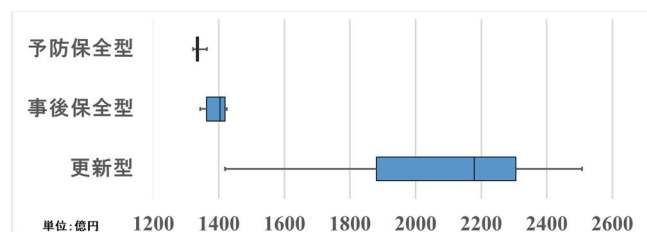


図-3 補修シナリオ別 LCC の推計結果

方法を具体的に記述するとともに、推計結果では道路利用者負担は補修費用より大きく、その重要性を明確にした。2) 橋梁劣化の進行が遅い場合を除いて、道路利用者負担を考慮した LCC の観点から予防保全型シナリオが優位である。3) 事後保全型シナリオと比較して、予防保全型シナリオは初期では費用が必要となるが、長期補修計画としては適切であると実証した。

#### 参考文献

- 1) (財)道路保全技術センター，道路構造物保全研究会編：道路アセットマネジメントハンドブック，鹿島出版会，2008。
- 2) 津田尚胤，貝戸清之，青木一也，小林潔司：橋梁劣化予測のためのマルコフ推移確率の推定，土木学会論文集，No.801/I-73，pp.69-82，2005。