

# 道路利用者負担を考慮した複数主要橋梁における長期補修シナリオに関する分析 Analysis of Long-term Management for Multiple Bridges Considering Road User Cost

谷田 英駿<sup>1</sup>, 奥嶋 政嗣<sup>2</sup>

Hidetoshi TANIDA<sup>1</sup>, Masashi OKUSHIMA<sup>2</sup>

道路橋梁の長期補修計画においては、補修費用だけでなく、補修工事によって生じる道路利用者負担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案の評価方法を提案する。具体的には、複数橋梁における補修シナリオを対象として、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 LCC により比較評価した。この結果、道路利用者負担は補修費用の半数程度もあり、その重要性が明確となった。また、橋梁劣化の進行が遅い場合を除いては、予防保全型シナリオが優位であることを検証した。さらに、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負担が大きくなるが、長期補修計画としては適切であることを実証した。

In the long-term management for bridges, it is necessary to consider not only repair cost but also road user cost caused by repair work. In this paper, it aims to propose an evaluation method of long-term management for multiple bridges considering road user cost. For the purpose, we evaluate the management scenarios for multiple bridges with life cycle cost, which is estimated with the combined method of bridge deterioration model and traffic assignment model. As a result, we can clearly recognize that road user cost is important for management, since it amounts almost half of the repair cost. Furthermore, the preventive management scenario is superior to the other management scenarios without the specific case which the bridges degrade slowly. In addition, it is confirmed that the preventive management scenario is more suitable as a long-term management plan for bridges than the post management scenario, though the repair cost and road user cost is estimated larger only at the initial period.

**Keywords:** ライフサイクルコスト, 交通量配分, 予防保全

Life Cycle Cost, Traffic Assignment, Preventive Maintenance

## 1. はじめに

近い将来、全国的に多くの橋梁が補修・更新時期を迎える。これまでに供用されてきた橋梁は、その供用開始時期に偏りがある。このまま経過すると補修・更新時期にも偏りが生じる。それに伴い、費用負担における世代間での不公平、工事に伴う車線規制あるいは通行止め規制の多発などの問題が生じると考えられる。また、それらを補修・更新する費用は膨大となる可能性がある<sup>1),2)</sup>。

しかしながら、橋梁を管理する国・地方自治体においては、「人口減少および高齢化による税収の減少」が問題となっており、今後はさらなる減収が想定されている。したがって、橋梁の維持管理に充てることが可能な予算は限られる。そのような状況において、従来の「壊れてから補修する」という事後保全型の補修方針のままでは、予算制約によって橋梁を適切な時期に補修することができず、橋梁の安全性の低下およびサービス水準の低下が

起こると想定される。そこで、従来とは異なる補修方針である予防保全型補修による橋梁の長寿命化が必要とされている。これにより、費用削減効果が期待されている。

こうした背景を踏まえ、橋梁をはじめとした社会基盤施設において、設計から更新までに必要となる各種費用の合計を「ライフサイクルコスト(LCC)」として、予防保全型補修による最小化や合理化を行う長期的な維持管理計画(アセットマネジメント)に関する研究が行われている。例えば、橋梁における長期補修計画について、古田ら<sup>3)</sup>は補修費用を評価指標として、橋梁における最適な補修計画の策定方法について提案している。また、小林ら<sup>4)</sup>は橋梁の劣化速度の異質性を考慮した補修戦略の考え方を提示している。

一方、橋梁をはじめとした道路施設における補修工事は通行規制を伴う場合がある。これについて、杉浦ら<sup>5)</sup>はアスファルト舗装におけるポットホール補修によって

1 学生会員, 学士(工学), 徳島大学大学院先端技術科学教育部

Student Member, BE, Graduate School of Advanced Technology and Science, Tokushima University

2 正会員, 博士(工学), 徳島大学大学院社会産業理工学研究部

Member, Dr. Eng, Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University

〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1 e-mail: okushima.masashi@tokushima-u.ac.jp Phone: 088-656-7340

生じる旅行時間増大を考慮して、最適補修戦略の決定をモデル化している。石橋ら<sup>6)</sup>は橋梁群の補修によって生じる旅行時間と走行費用の増大を評価指標として考慮した補修計画について、遺伝的アルゴリズムを用いた組み合わせ最適化法を提案している。道路利用者負担を考慮したこれらの研究では、比較的小規模な仮想的道路ネットワークを対象としている。一方、広域的な都市圏における道路ネットワークを対象として、道路利用者負担を考慮した実用性の高い応用研究が課題となっている。

橋梁の通行規制による交通流への影響は、道路利用者負担以外にも、経済損失が発生することが想定される。また、橋梁をはじめとしたインフラ施設における予防保全による長寿命化は、ストック効果や費用負担の平準化を期待することができる<sup>7)</sup>。

そこで、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を提案する。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

### 2.1 補修シナリオ

本研究では、長期補修計画論の確立を目指して、橋梁の床版を対象とした補修シミュレーションを行う。この補修シミュレーションでは、橋梁の劣化状態を「健全度」と表現し、7段階に区分して表す。この健全度に応じて、劣化状態は進行し、適用される補修工法も異なると仮定する。また、劣化の進行に応じて補修工事の規模は大きくなり、補修単価も高価となると想定される。

健全度1および健全度2の段階では、劣化の程度は低く、補修工事は必要ないとする。そこで、本研究で仮定した健全度3～健全度7のそれぞれの段階に対応した補修工事の概要を表1に示す。更新を除くと、各健全度における補修区分は、橋梁定期点検要領における道路橋梁全体の健全度判定区分に対応する。補修工法および補修単価は既往研究<sup>4)</sup>を参考として設定している。また、規制車線数に関しては、上下線同時に同数の車線が規制されるとする。

健全度3での予防的補修は、比較的劣化が進行していない段階での工事を想定する。健全度4での巻き戻し補修は、工事完了直後での予防的補修の実施を前提としている。健全度5での事後的補修は、劣化が明確となった段階での工事を想定している。健全度6での緊急補修は、劣化が深刻化し、直ちに補修を行う必要がある段階を想定する。健全度7での更新では、補修工事は不可能であり、既存橋梁を撤去して新設することを想定している。補修工事実施後は、補修区分「更新」の場合には工事に

表1 健全度別補修区分に対応した補修工事

健全度	補修区分	補修工法	補修単価 (千円/m)	工事期間 (カ月)	規制車線数 (片側)	回復水準
3	予防的補修	ひび割れ注入工法	18	1	0	2
4	巻き戻し補修	断面修復工法	20	1	1	3
5	事後的補修					4
6	緊急補修	鋼板接着工法	140	3	2	5
7	更新	床版取替工法	450	12	通行止め	1

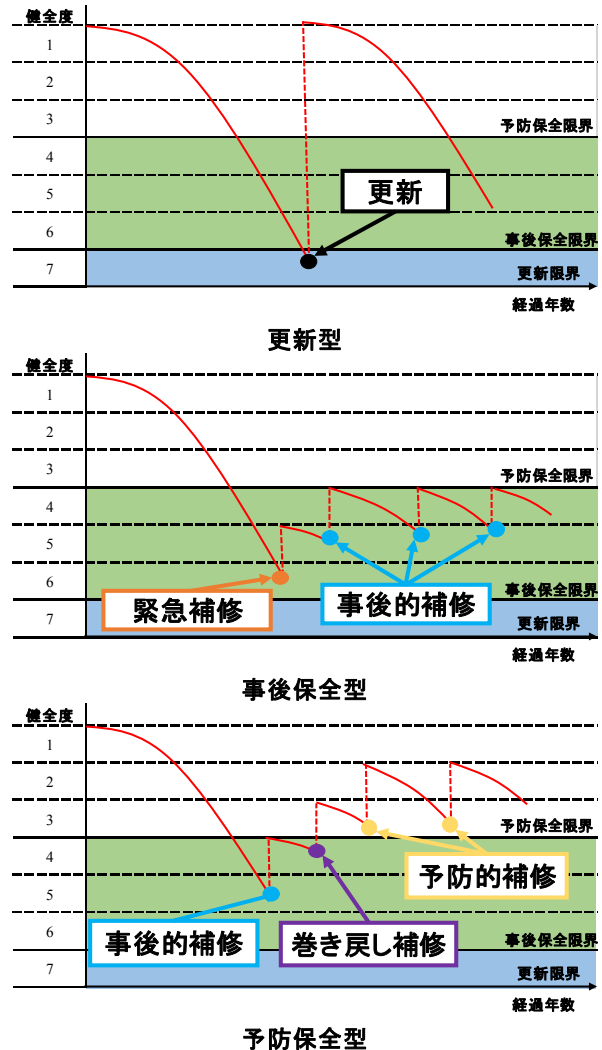


図1 補修シナリオイメージ

より健全度1となる一方で、それ以前の補修区分では健全度が1段階のみ回復すると仮定する。

これらの補修工事の想定に基づいて、長期補修計画においては、「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。各補修シナリオのイメージを図1に示す。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おい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健全度7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、定期点検により橋梁劣化が明確な健全度5の段階で補修が実

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ある健全度3の段階での予防的補修を想定する。初期段階で供用年数が経過しており劣化が進行している場合には、巻き戻し補修など、その時点での健全度に応じた補修区分での工事により、健全度3まで回復を図ることとする。

2.2 橋梁劣化予測モデルの適用

本研究では、定期点検時における劣化段階の進行を、橋梁劣化モデルに基づいて決定することとする。

橋梁の劣化予測モデルは、[1]材料学に基づく劣化モデル、[2]確率論に基づく劣化モデルの2種類に大別できる。ただし、前者は劣化予測が煩雑であるため、本研究では後者を用いる。確率論に基づく劣化モデルでは、過去の劣化状態に依存せず、現在の状態のみで劣化予測が行えること(マルコフ性)が最大の特徴である。また、モデル構築において、劣化要因を劣化予測に反映させることが可能である。

本研究では、取り扱いが容易であることから、既往研究<sup>8)</sup>で構築されたマルコフ劣化ハザードモデルを適用する。マルコフ劣化ハザードモデルでは、橋梁の不確実な健全度の推移について、推移確率行列を用いて表される。このモデルでは、劣化状態を7段階に区分し、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。前節で定義した健全度は、このモデルにおける劣化状態区分の7段階に対応している。

推移確率行列の要素成分である推移確率 $\pi_{i,j}$ は、健全度*i*から健全度*j*に劣化する確率を表している。ここで、補修を行わない限り、健全度が回復することはないため、式(1)が満たされる。

$$\pi_{i,j} = 0 \quad (i > j) \quad (1)$$

推移確率は、過去の定期点検の結果によって推定することができる。このとき、定期点検結果に関する情報には、劣化進行の有無 $\delta_{i,j}$ 、定期点検間隔*Z*、劣化要因を表す特性ベクトル*x*で構成される。特性ベクトル*x*には、大型車交通量、床版面積などの要因が含まれる。ここで、定期点検において健全度が維持される確率 $\pi_{i,i}$ は、式(2)のように記述できるとする。

$$\pi_{i,i} = \exp(-\theta_i Z) = \exp(-x\beta_i Z) \quad (2)$$

このとき、 $\theta_i$ はハザード率と呼ばれ、特性ベクトルと未知パラメータ $\beta_i$ を掛け合わせたものである。定期点検結果および特性ベクトルの観測値に基づいて、係数パラメータ $\beta_i$ は、最尤推定法により推定できる。

一方、定期点検間隔を適正に設定すれば、定期点検間に健全度が2段階以上進行する確率は微小となる。このため、本研究ではその確率を無視できると仮定する。このとき、健全度が1段階のみ劣化する確率は式(3)のように記述できる。

表2 マルコフ推移確率

健全度推移	劣化確率	補修区分
1→2	0.7075	-
2→3	0.6473	予防的補修
3→4	0.4838	巻き戻し補修
4→5	0.3424	事後的補修
5→6	0.2927	緊急補修
6→7	0.5626	更新

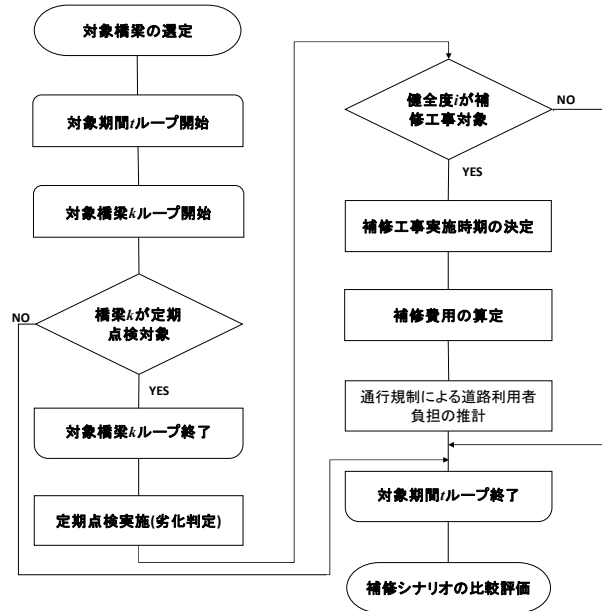


図2 評価指標の推計過程

$$\pi_{i,i+1} = 1 - \pi_{i,i} \quad (3)$$

本研究では、既往研究<sup>8)</sup>で統計的に推定された係数パラメータを参照し、ハザード率を算定する。ただし、簡単のため、大型車交通量などの要因は考慮せず、対象橋梁は概ね同質の劣化特性を有していると仮定してハザード率を決定する。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。ここで、「定期点検間隔は4年」および「1回の定期点検で健全度の推移は1段階のみに限定する」という条件により、推移確率を算定した結果を表2に示す。本研究では、すべての対象橋梁において、定期点検時における各健全度における劣化進行の有無はこの劣化確率に基づいて推移すると仮定する。

2.3 評価方法

本研究では、補修費用、道路利用者負担、およびこれら2指標を合計したLCCを評価指標とする。補修シナリオごとに橋梁補修シミュレーションにより評価指標を推計し、補修シナリオの比較評価を行う。

本研究における評価指標の推計過程を図2に示す。対象橋梁を選定したのち、補修シミュレーションを実行する。シミュレーション期間内では、各年次において対象橋梁*k*が定期点検の対象であるかを判定する。点検対象

であると判定された橋梁は、表2における劣化確率を用いて、健全度の推移を判定する。その判定結果より劣化していた場合には、定期点検後の健全度  $i$  において、当該の補修シナリオに対応した補修工事の対象であるかを判定する。補修工事対象外であれば、次回定期点検まで補修工事は実施されない。一方、補修工事対象となった場合、すべての補修工事対象の橋梁を考慮して、補修工事実施時期を決定する。補修工事実施時期が決定すると、それに従い順次補修工事が実施される。このとき、補修工事費用および補修工事に伴う通行規制によって生じる道路利用者負担が推計される。

道路橋梁をはじめとした社会基盤施設における維持補修計画において、社会的割引率の適用については様々な議論がなされている。しかしながら、道路橋梁の維持補修計画では、次の点から社会的割引率を適用するのは適切でないとされている<sup>9)</sup>。

- 1) 維持補修計画では費用のみを対象としており、便益を対象としていない。
- 2) 社会的割引率を適用しない場合、現状での費用と将来に想定される費用を単純に比較することができる。さらにその差額は予防保全型補修を実施することに起因する効果(便益)として評価することができる。

これらより、本研究では補修費用及び道路利用者負担の推計において、社会的割引率を適用しないとする。

以上の過程をシミュレーション期間内で繰り返し実行することで、LCCによる評価が可能となる。

### 3. 橋梁補修による道路交通への影響分析

本章では、橋梁の補修工事に伴う道路利用者負担を推計するために、現況での道路交通需要を推計するとともに、橋梁補修による車線規制時の影響について分析する。

#### 3.1 現況での道路交通需要推計

本研究では、対象圏域を徳島広域都市圏として、図3に示すようなリンク数 3426、ノード数 2789 で構成される道路ネットワークを対象とする。対象橋梁として、徳島市内の主要な7橋梁について、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。一方、交通需要については、平成22年度道路交通センサス起終点調査に基づく車種別OD表を対象とする。区間交通量の推計精度を高めるために、対象圏域については徳島市内を小学校区単位として、BゾーンOD表を68ゾーンに分割することとした。

道路ネットワークを対象とした交通量推計には、車種別確率的利用者均衡配分法を適用する。このとき、リンクコスト関数  $t_a(x_a)$  としては、式(4)に示す修正BPR型関数を用いた。ただし、BPR型関数では交通渋滞の延伸を適切に推計できないため、道路利用者負担で過少評価の

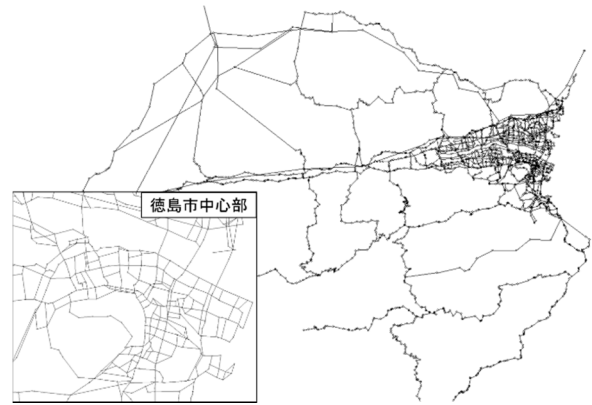


図3 対象道路ネットワーク

可能性がある点には留意が必要である。

$$t_a(x_a) = t_{a0} \left\{ 1 + \alpha \left( \frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right\} + F_a \quad (4)$$

ただし、 $x_a$ :リンク  $a$  の車種計交通量 (pcu/日)、 $t_{a0}$ :リンク  $a$  の自由走行時間、 $C_a$ :リンク  $a$  の交通容量 (pcu/日)、 $F_a$ :リンク  $a$  の料金抵抗の時間換算値、 $\alpha, \beta$  はパラメータをそれぞれ表す。

料金抵抗の時間換算値  $F_a$  については、高速道路区間において、ターミナルチャージを150円、走行区間1kmにつき24円を設定し、時間価値  $\mu$  で除して算出した。また、時間価値  $\mu$  については、平成20年度国土交通省価格<sup>10)</sup>を参考に、車種別に設定した。具体的には、乗用車では40.1(円/分)、小型貨物では47.91(円/分)、普通貨物では64.18(円/分)、バスでは374.27(円/分)と設定した。さらに、修正BPR関数のパラメータ( $\alpha=2.62, \beta=5$ )を採用した。また、普通貨物およびバスでは乗用車換算係数を2.0とした。そのため、本研究における交通量の単位は(pcu/日)である。

つぎに、対象道路ネットワークにおいて、現況再現ケースとして、通行規制なしでの道路区間交通量および総旅行時間(総交通費用)を推計する。確率的利用者均衡配分法では、経路分散パラメータに応じて異なる配分結果が得られる。そこで、経路分散パラメータを調整した。

現況再現性を検証するために、対象道路網の主要区間における区間交通量の観測値と推計値を比較して図4に示す。観測値は、平成27年度道路交通センサス調査結果(24時間交通量)である。観測値と推計値の相関係数は0.949となっている。経路分散パラメータを調整することで、多数の主要区間において、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。

対象橋梁周辺での区間交通量の推計結果を図5に示す。対象橋梁区間には橋梁番号を付している。橋梁2および橋梁7を含む南北をつなぐ国道での交通量が最も多く、中心部と西部をつなぐ国道についても交通量が多いことがわかる。また、対象橋梁区間には交通量の集中がみられる。したがって、対象橋梁区間で補修工事に伴う通行

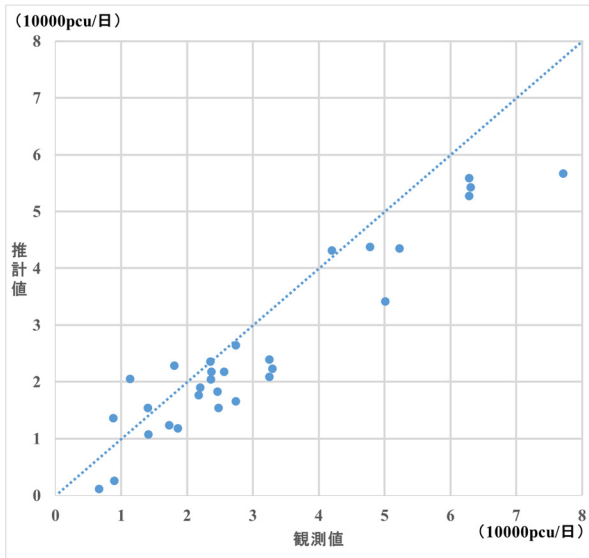


図4 区間交通量の現況再現結果

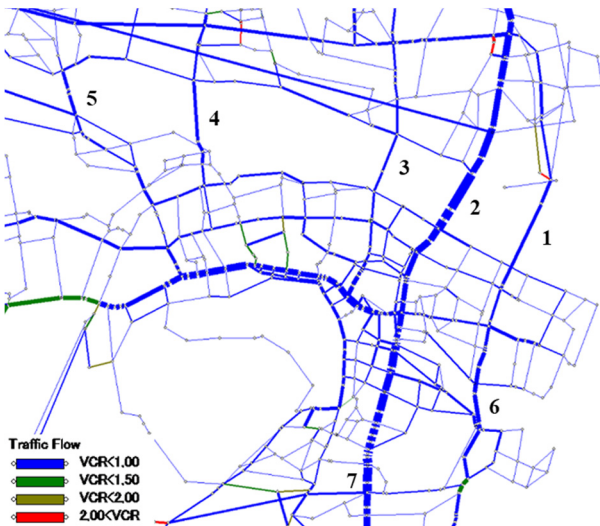


図5 対象橋梁周辺の交通流動

規制がなされれば、その影響が周辺道路網にも波及することが想定できる。

### 3.2 橋梁補修による車線規制時の推計

橋梁の補修工事に伴う通行規制による影響について分析する。そのため、対象橋梁区間での補修工事による車線規制パターンを13パターン設定する。各橋梁における車線規制パターン別交通容量の設定について、規制なし(現況)と比較して表3に示す。各パターンでは、規制対象となる橋梁区間において、上下線ともに同数の車線規制が実施される。また、車線規制時には、簡便のため車線規制数に応じて交通容量を減少する設定としている。現況と同一の時間価値およびリンクコスト関数、経路分散パラメータのもと、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する。車線規制ケースと通行規制なしケースでの総交通費用の差を道路利用者負担として推計する。

表3 車線規制時の交通容量設定

橋梁番号	車線数(片側)	交通容量(片側)			
		規制なし	1車線規制	2車線規制	通行止め
1	2	24000	12000	-	0
2	3	36000	24000	12000	0
3	1	9000	-	-	0
4	1	12000	-	-	0
5	1	12000	-	-	0
6	2	24000	12000	-	0
7	3	36000	24000	12000	0

単位: pcu/日

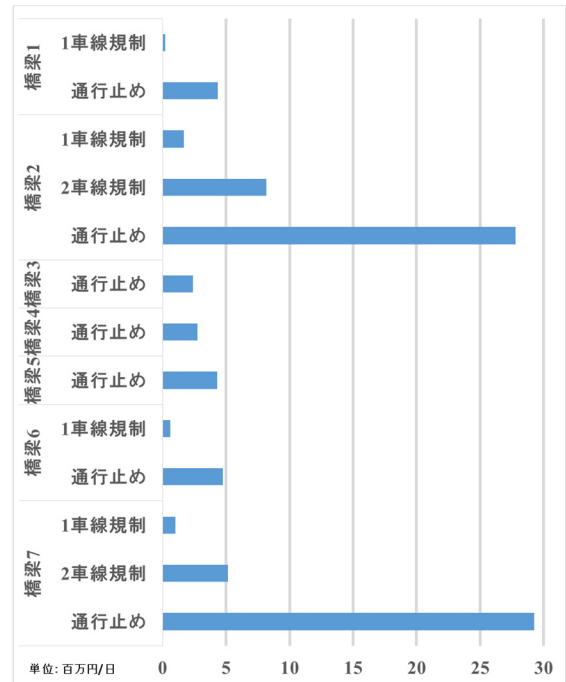


図6 規制パターン別道路利用者負担の推計結果

各車線規制パターンにおける総交通費用  $GT$  は、車種別時間価値  $\mu_m$ 、車種別区間交通量  $x_{a,m}$  および車種別リンクコストの時間換算値  $t_{a,m}$  を用いて式(5)により算定する。

$$GT = \sum_a \sum_m \mu_m x_{a,m} t_{a,m} \quad (5)$$

各規制パターンにおける道路利用者負担の推計結果を図6に示す。推計結果より、全パターンにおいて道路利用者負担が正となっており、妥当な結果が得られている。通行規制なしケースでの区間交通量に対応して、総交通費用は大きくなっている。

つぎに、通行規制なしケース(通常時)との区間交通量の差について、橋梁1での1車線規制時を図7に、橋梁2での1車線規制時を図8にそれぞれ示す。橋梁1の車線規制時では通常時での区間交通量が比較的少ないため、代替経路として隣接する橋梁2が利用されている。一方、橋梁2の車線規制時には、通常時での区間交通量が比較的多いため、複数の橋梁において一定の交通量が代替経路として利用している。このように、車線規制数が同一であっても代替経路における橋梁上の交通量によ



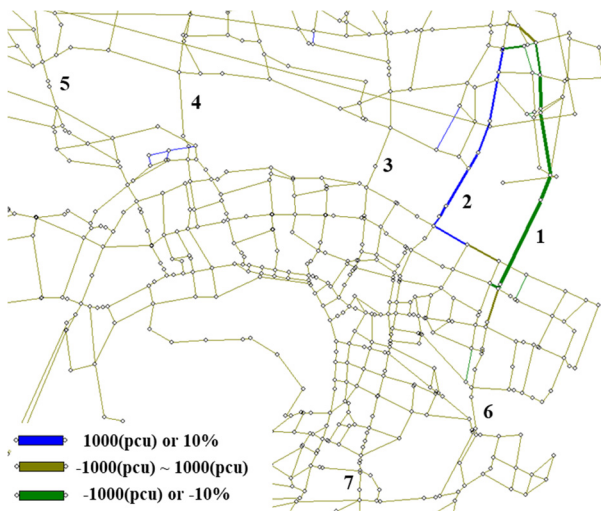


図7 橋梁1での1車線規制による交通流動の変動

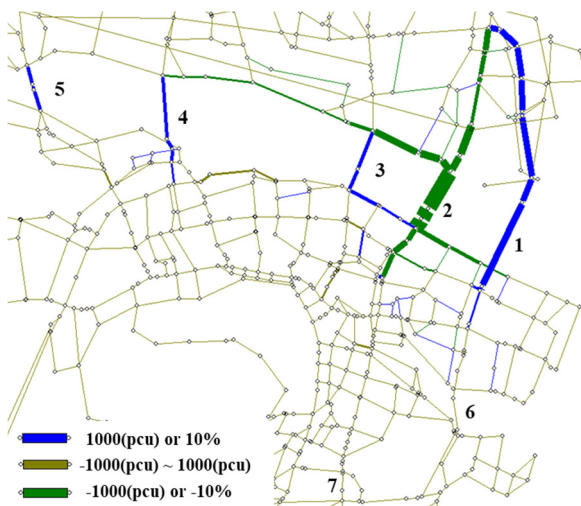


図8 橋梁2での1車線規制による交通流動の変動

る差異が大きく、道路ネットワーク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。

#### 4. 複数主要橋梁における補修シナリオの評価

##### 4.1 補修費用の推計

対象とした7橋梁について橋梁劣化モデルを適用して、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。橋梁補修シミュレーションでは、床版の補修を対象とし、対象期間を100年間とする。橋梁劣化モデルで用いる対象橋梁の設定を表4に示す。橋梁劣化モデルでの推移確率に対して、劣化判定に用いる乱数系列として、異なる系列を与えた10ケースでの推計値により評価指標を算定した。

補修シナリオ別に推計ケースによる全橋梁における補修費用合計の分布を図9に示す。更新型シナリオについては、補修費用が明確に大きい。一方、事後保全型シナ

表4 対象橋梁の設定

橋梁番号	架設年	橋長(m)	幅員(m)	初期健全度
1	2012	1291	26.3	1
2	1986	1137	26.3	4
3	1928	1070	7	5
4	1998	911	14	3
5	1963	800	10	4
6	1975	470	30	4
7	1978	96.2	28.2	4

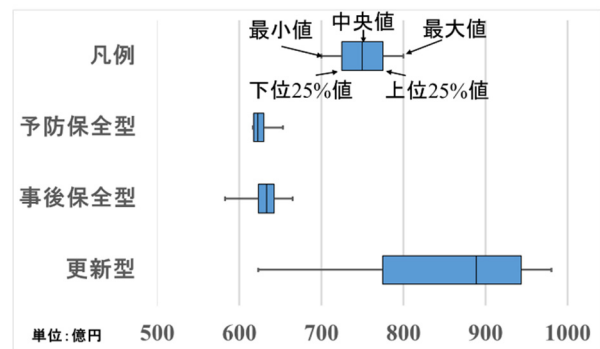


図9 補修費用の推計結果

表5 橋梁別平均補修費用の推計結果

橋梁番号	初期健全度	補修シナリオ		
		更新型	事後保全型	予防保全型
1	1	259.7	199.0	190.0
2	4	228.8	170.4	172.7
3	5	67.4	46.4	44.5
4	3	80.4	70.4	71.2
5	4	64.8	46.9	47.7
6	4	120.6	80.9	84.6
7	4	24.4	15.5	16.2
合計		846.0	629.6	626.9

...最大値  
...最小値  
単位: 億円

リオの中央値よりも予防保全型シナリオの上位25%が小さく、補修費用の合計では予防保全型シナリオが優位となる。ただし、事後保全型シナリオでは劣化速度が遅い場合、予防保全型シナリオよりも補修費用が最小となる場合がある。

つぎに、橋梁別の平均補修費用の推計結果を表5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。これは、予防保全型シナリオでは、初期健全度において予防保全段階よりも劣化が進行している場合、事後的補修を集中的に行い、健全度を予防的補修が行えるまで回復させるためである。しかしながら、規模の大きい橋梁1では、架設が近年であることから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。したがって、橋梁別の補修費用の観点からは、初期健全度などの橋梁の特性にあった補修シナリオが必要となる。

例えば、橋梁の初期健全度に着目し、初期段階で予防保全限界よりも劣化が進行している橋梁とそれ以外を2グループに分け、前者には事後保全型シナリオを、後者には予防保全型シナリオをそれぞれ適用させることが考えられる。これにより、補修費用の縮小を期待することができる。

#### 4.2 道路利用者負担の推計

道路利用者負担について、ケース別推計結果を表6に示す。全ケースにおいて、更新型シナリオが最大、予防保全型シナリオが最小となった。予防保全型シナリオにおいても、対象橋梁の多くでは初期段階で劣化が進行しているため事後的補修が必要となり、道路利用者負担が発生する。しかしながら、事後的補修を集中的に行った後は、道路利用者負担が発生しない予防的補修が行われる。そのため、道路利用者負担の観点からは、予防保全型シナリオが優位となる。

#### 4.3 ライフサイクルコストによる評価

補修シナリオ別に推計ケースによるLCCの分布を図10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といえる。しかしながら、橋梁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。

つぎに、LCCの構成要素である補修費用と道路利用者負担について、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11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、初期の20年経過後においては、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。

以上より、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。

#### 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案の評価方法を提案した。本研究の成果は以下のように整理できる。

1) 橋梁補修工事のための通行規制による道路利用者負担

表6 道路利用者負担推計結果

ケース番号	補修シナリオ		
	更新型	事後保全型	予防保全型
1	563	314	292
2	562	304	286
3	538	306	289
4	433	304	293
5	562	304	291
6	324	305	291
7	661	311	293
8	440	311	292
9	519	302	292
10	554	310	290
平均	515	307	291

...最大値  
...最小値  
単位: 億円

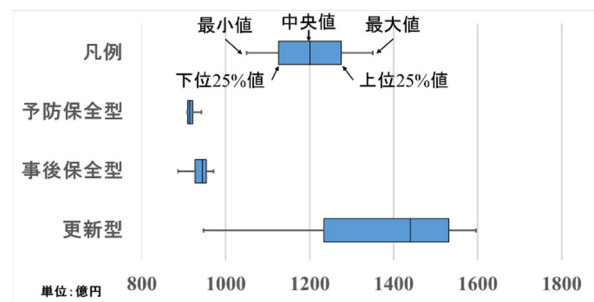


図10 補修シナリオ別LCC推計結果

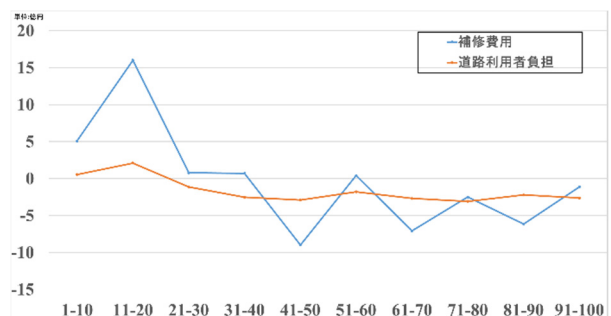


図11 事後保全型に対する予防保全型の平均費用差額

の推計方法を具体的に記述するとともに、対象道路網における推計結果を示した。この推計結果から、いずれの補修シナリオにおいても道路利用者負担は補修費用の半数程度あり、その重要性が明確となった。

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。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。

3) 補修費用については、初期段階で予防保全限界よりも劣化が進行している橋梁では、事後保全型シナリオにより費用が抑制できる。したがって、橋梁の特徴によりグループ化し、グループごとに補修シナリオを設定することで補修費用が最小化できる可能性を示した。

今後の課題としては、[1]交通需要推計における将来OD交通量の変化の考慮、[2]対象圏域における定期点検

結果による劣化推移確率の推定、[3]橋梁の特徴に合わせた補修シナリオの設定による効果検証、[4] 橋梁補修による波及的な社会損失等の考慮が挙げられる。

#### 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) 大島俊之編: 実践 建設系アセットマネジメント 補修計画事業の立て方と進め方, 森北出版株式会社, 2009.
- 3) 古田均, 野村泰稔, 中津功一朗, 香川圭明, 石橋健, 内田昌宏: 橋梁群のアセットマネジメントにおける予定の変更を考慮した補修計画策定, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.70, No.2(応用力学論文集 Vol.17), pp.I\_959-I\_970, 2014.
- 4) 小林潔司, 中谷昌一, 大迫湧歩, 安部倉完: 橋梁の劣化速度の異質性を考慮した補修戦略プロファイリング, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.73, No.4, pp.201-218, 2017.
- 5) 杉浦聡志, 高木朗義, 倉内文孝: 道路施設の破損リスクに基づく最適補修戦略決定モデルの構築, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.69, No.5(土木計画学研究・論文集第30巻), pp.I\_145-I\_152, 2013.
- 6) 石橋健, 中津功一朗, 古田均, 野村泰稔, 高橋亨輔: GAを用いた大規模橋梁群の長期的な維持管理計画の最適化, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.69, No.2(応用力学論文集 Vol.16), pp.I\_731-I\_740, 2013.
- 7) 瀬木俊輔, 小林潔司: インフラの動学的投資政策と長寿命化便益, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.70, No.3, pp.179-197, 2014.
- 8) 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.
- 9) 高橋宏直: 維持補修計画での社会的割引率の設定と補修工事の最適実施時期に関する研究, 建設マネジメント研究論文集, Vol.14, pp.23-33, 2007.
- 10) 国土交通省道路局都市・地域整備局: 費用便益分析マニュアル, 2008.