

将来の道路ネットワーク整備を考慮した 橋梁の維持更新費用の推計

遠山 寛人¹・武藤 慎一²

¹学生会員 山梨大学大学院 医工農学総合教育部工学専攻土木環境工学コース (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)

E-mail: g21tc008@yamanashi.ac.jp

²正会員 山梨大学教授 大学院総合研究部工学域 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11)

E-mail: smutoh@yamanashi.ac.jp (Corresponding Author)

日本の道路インフラは維持更新時代へと移行しており、持続可能な道路ネットワークの維持管理手法の確立が重要な課題となる。これを実現するためには、道路ネットワークの各リンクの劣化予測、および、維持更新費用の将来推計が必要になる。そこで本研究では、山梨県甲府都市圏を対象に、劣化予測モデルを構築し、将来の道路構造物の劣化状況を予測する。さらに、その予測をもとに長期的な維持管理費用の推計を行う。本研究では、甲府都市圏内の現況ネットワークにおける推計に加え、将来の新規の道路整備に対応した推計も行うものとする。

Key Words: *degradation prediction, financing, sustainable maintenance, path change*

1. はじめに

道路ネットワークの維持更新は、安全・安心で持続的な社会を構築するうえで重要な課題である。その際、道路ネットワークを形成する各リンクがどの程度劣化していくのかを的確に予測すること、そして、財源的にみてそれらを一度に更新することは難しいため、劣化状況と財源確保のタイミングを見計らって維持更新を実施することが重要と考えられる。

武藤ら(2021)¹⁾は、マルコフモデルによる橋梁の劣化予測を行う手法を適用し、山梨県甲府都市圏を対象に、道路ネットワークの劣化予測を行った。そして、従来の事後保全型維持管理と新たな予防保全型維持管理という異なる維持管理方法を実施した場合の維持更新費用を推計した。その結果、予防保全型維持管理の方が、最終的な維持更新費用を低減させられることを明らかにした。次に、劣化予測モデルと計量厚生分析モデルを用いて、高速道路と並行する一般道路の2リンクの簡便な道路ネットワークに対し、高速道路料金の変更によって交通量が一般道路から高速道路へ転換し、甲府都市圏全体での維持更新費用の低減につながることを明らかにした。さらに、維持更新費用を考慮したうえでの最適料金水準の導出も行った。

しかし、事後保全型維持管理と予防保全型管理の違いが、長期的な維持更新費用に与える影響までは評価できていなかった。また、それらの費用を賄うための財源が、現行制度のままでも足りるのかも明らかになっていない。さらに、新規道路が整備されたときの維持更新費用への影響も評価できていないなど、いくつか課題が残されていた。

そこで本研究では、将来の道路構造物の劣化予測を行い、その予測をもとに事後保全型および予防保全型の各管理方法における維持管理費用の将来推計を行うことを目的とする。さらに、甲府都市圏内での新規道路整備を考慮した維持更新費用の推計を行うことで、より精緻な費用推計を目指すものとする。

2. 橋梁劣化予測

(1) 本研究の対象地域

本研究では、山梨県7市2町からなる甲府都市圏を対象とする。7市2町は、甲府市、甲斐市、中央市、笛吹市、山梨市、韮崎市、南アルプス市、昭和町、市川三郷町である。これらの市町は、甲府盆地内に位置し経済的に密接な関係があるとともに、域内間の交通量も比較的多い。本研究では、この甲府都市圏を対象に、道路橋の



図-1 甲府都市圏 [図中の濃影部]

劣化予測および維持更新費用を推計する。

(2) 橋梁の点検要領

橋梁の点検²⁾には、日常点検、定期点検、臨時点検の3種類があり、それぞれの特徴を表-1に示す。

このうち定期点検は、点検データが広く開示されていることに加え、5年に1度と頻度が高いことからデータが多く蓄積されており、今後の維持管理計画の策定や見直しへの活用が期待されている。本研究でも、定期点検の健全度データを利用して劣化予測を行う。

表-1 橋梁点検の種類

| | | 概要 | 頻度 |
|------|------|--|-----------------------|
| 日常点検 | 路面点検 | 道路の巡回として実施するもので、道路パトロールカー内からの目視を主体とする。 | 毎月1~5回 |
| | 簡易点検 | 落橋の恐れのある損傷、重大事故を起こす恐れのある損傷、橋の機能障害となる損傷について、マクロ的な視点で点検を行うものである。 | 年1回 |
| 定期点検 | | 橋梁の損傷状況を把握し損傷の判定を行うために、頻度を定めて定期的に実施するもので、近接目視を基本とする。 | 5年に1回 |
| 臨時点検 | | 地震、台風、集中豪雨、豪雪等の災害や大きな事故が発生した場合などに行うもの。 | 構造物に損傷が予想される場合、速やかに実施 |

橋梁の定期点検では、近接目視を基本とした状態の把握と次回点検までの措置方針の参考とするための表-2のような対策区分の判定³⁾を行う。具体的には、損傷の有無やその程度などの現状に関する客観的事実としてのデータの取得、部材単位での損傷の原因や進行可能性も考

表-2 橋梁点検の種類

| 区分 | | 定義 |
|-----|--------|--|
| I | 健全 | 道路橋の機能に支障が生じていない状態。 |
| II | 予防保全段階 | 道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。 |
| III | 早期措置段階 | 道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。 |
| IV | 緊急措置段階 | 道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。 |

慮した部材の機能状態に着目した判定を行い、道路橋単位で総合評価を行っている。

(3) 甲府都市圏の橋梁劣化の現状

図-2は、法定点検1巡目(平成26~30年度)における甲府都市圏内の県、市町管理の橋梁健全度⁴⁾を、表-2の区分で架設年次ごとにまとめたものである。なお、建設年次が不明となっている橋梁も多く、それらはその年の最も古い建設年次に建設されたとする。これを見ると、高度経済成長期以降に建設橋梁数が増加し、それに伴い早期措置段階(判定区分III)のものが多く存在していることが分かる。今後これらが一斉に老朽化した場合、補修箇所が短期間で急増することが予測される。さらに、現時点で早期措置段階(判定区分II)の橋梁も多く、これらが今後一斉に早期措置段階に移行する可能性も懸念される。

図-3は、道路統計年報2010~2020⁵⁾をもとに、甲府都市圏の県、市町管理の道路総費用及び橋梁維持更新費用の推移を表したものである。なお、ここで対象とする甲府都市圏の費用データは存在しないため、山梨県全域の費用を甲府都市圏の域内と域外の橋梁数で按分することにより算出した。図-3より、近年は総費用が160億円前後、橋梁維持更新費用が21億円前後であり、いずれも大きな増減はみられないことが分かる。

しかし、今後はこの補修費用が増加傾向に転じることが予測される。表-3は、山梨県管理の主な公共土木施設の老朽化率⁶⁾を示したものである。2014年時点では老朽

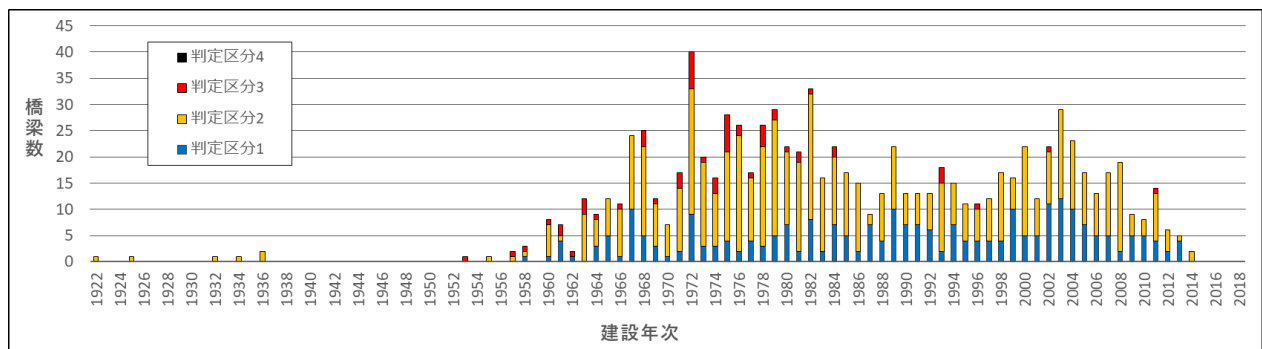


図-2 甲府都市圏の橋梁定期点検結果

化が進行するインフラ構造物の割合は低いが、2034年には橋梁（道路）のおよそ6割、トンネル（道路）のおよそ5割が建設後50年以上となるため、今後20年間で老朽化の懸念されるものが急増し、維持更新費用も増加する可能性が高い。

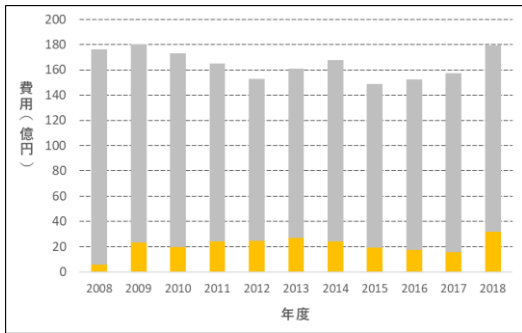


図-3 甲府都市圏の県、市町管理の橋梁補修費用と総費用

表-3 山梨県管理の主な公共土木施設の老朽化率

| 施設 | 建設後50年以上の率 | |
|----------|------------|-------|
| | 2014年 | 2034年 |
| 橋梁（道路） | 17.9% | 58.9% |
| トンネル（道路） | 19.2% | 49.2% |
| 砂防施設 | 15.2% | 57.8% |
| 橋梁（林道） | 18.0% | 76.4% |
| トンネル（林道） | 54.3% | 69.6% |
| 治山施設 | 21.2% | 55.6% |
| 山腹工施設 | 10.5% | 53.7% |

(4) 山梨県の橋梁維持管理の取組み

山梨県では、アセットマネジメントの考えを基本として戦略的に維持管理を行うため、2010年に橋梁長寿命化実施計画⁷⁾を策定した。2011年度より、その長寿命化実施計画に沿う形で点検・補修が進められている。計画では年間25億円を投じ、補修・補強・点検を行うとしていた。しかし、実際にはそれ以上の費用を要した一方で、橋梁の耐震化に重点が置かれたこと、補修・補強・点検

にかかる単価が上昇したことなどが原因で、計画通り進捗していないとされていた。

そこで、計画策定から10年が経過した2020年に計画の見直しが行われた。そこでは、修繕時期や費用の改定だけでなく、新技術等の導入など、新たな知見を踏まえてこれまで以上に費用縮減化施策を取り入れている。しかし、構造物の劣化予測を行う上で用いる劣化曲線については、それまで用いられてきた県独自の劣化曲線の妥当性を判断する有意なデータが蓄積されていないとして、見直しが行われていない。

本研究では、法定点検1巡目に新たなデータをもとに、先行研究の劣化曲線の妥当性を検討するとともに、より詳しい更新時期を予測するものとした。

(5) 橋梁劣化予測の概要

土木構造物の劣化予測モデルに関する研究は数多く存在している。表-4は、各劣化予測手法の特徴をまとめたものである⁸⁾。

このうち、本研究では確率論的手法を使用する。ここでは、算出された維持修繕費用の推計値を、今後の長期的な維持管理計画の立案・提言に利用しようと考えている点、さらに、現在の各橋梁の詳細な劣化状況までは把握できないことに加え、個々の橋梁の劣化進行メカニズム等の予測までは実施していない点を考慮し、確率論的手法の利用が妥当であると判断した。

確率論的手法では、マルコフ遷移確率を推定する方法として、ハザードモデル、二乗誤差最小モデル、数え上げモデルといった手法がある。表-5は、近田ら⁹⁾の考察をもとに各推定方法の特徴をまとめたものである。近田らは、各モデルの特徴およびデータの蓄積が十分ではないことを考慮して、現時点では二乗誤差最小モデルが最適であるという結論を出している。そのため、本研究でも二乗誤差最小モデルから推定した遷移確率を使用した。

表-4 土木構造物の劣化予測手法

| | 概要 | 適用 | 長所 | 短所 |
|--------|---|---|--|--|
| 回帰分析手法 | 蓄積された経年的なデータを活用し、現在までの劣化状態の推移より、将来の劣化状態を予測する方法。 | 経年的に劣化する材料等に適用できる。また十分な量のデータが必要とする。 | 経年的に蓄積されたデータを活用するため、対象とする各資産の将来の状態を予測することが可能である。 | データ数が少ないと予測した状態と実劣化状態のパラツキが避けられない。 |
| 理論的手法 | 理論的に劣化要因の進行メカニズムが解明され、材料・構造・荷重・環境条件により、理論式に基づいて将来的な状態を予測する方法。 | コンクリートの中酸化や塩害によるひび割れ、鋼材腐食、鋼材の疲労による亀裂など | メカニズムが解明されている劣化については、経年的なデータの有無に関わらず、与条件により将来的な劣化予測が可能である。 | 現時点では、メカニズムが確認されていないものも多く、また劣化の要因が複合した場合の対応が困難である。 |
| 確率論的手法 | マルコフ過程に代表されるように、確率論的に将来の劣化状態を予測する方法。 | 突発的な損傷や、資産群のマネジメントにおける予算確保・配分への適用などがある。 | 中長期的な計画の立案など、精緻な精度を必要としない予測を行う場合には適用性が高い。 | 精緻な精度を求められる場合は適用が困難である。また、劣化要因を特定しないため、想定した対策法が現実と異なる可能性がある。 |

表-5 マルコフ遷移確率の推定方法

| | 概要 | 点検データが十分に与えられる場合 | 点検データが十分に与えられない場合 | やや複雑な遷移確率行列を設定した場合 |
|-----------|---|---------------------|--|--|
| ハザードモデル | 寿命関数を用いて遷移確率を推定する手法。 | 正しく遷移確率を推定することができる。 | 推定値の平均値は若干のずれ（バイアス）が生じる。ただ、このことが低健全性の遷移推定精度の改善につながる。 | ある程度時間ステップが進行した時点で遷移確率が変化する場合でも、同様の推定ができる。 |
| 二乗誤差最小モデル | 遷移確率を変数とした推定値と観測値の残差平方和を目的関数として設定し、最小化する手法。 | | 推定値の平均値は正しく推定できる。 | |
| 数え上げモデル | 同一点検間隔ごとの遷移確率を推定したのち、点検間隔に対して平均化操作することで単位検査結果年の遷移確率を推定する手法。 | | 過大な推定をする可能性がある。 | |

(6) 修正劣化予測モデル

内山ら¹⁰⁾は二乗誤差最小モデルを用いて、実際の橋梁定期点検データよりマルコフモデルを推定し、これより平均的な床版の劣化曲線を得ている。さらに、実データより大型車・普通車交通量の影響、飛来塩分量による影響を算出し、劣化要因変数として推定したマルコフモデルに順次導入することで、複数の劣化要因を考慮した統合モデルを構築し、個々の橋梁に対応した劣化予測を行うことが可能となった。

これを踏まえて武藤¹¹⁾は、内山らのモデルを甲府都市圏の橋梁に適用して床版の劣化予測モデルを構築し、大型車・普通車交通量を劣化要因変数として、交通量ごとに劣化曲線を作成した(図-4)。これより、各橋梁の劣化状況の予測および更新が必要になるまでの年数の予測が可能となった。ここで、武藤では健全性区分を内山らにならひ、表-6のように健全な状態から順に5, 4, 3, 2, 1と定義している。武藤により、甲府都市圏での橋梁の劣化予測が可能になったものの、そこで用いられていた劣化予測は、内山らによる関東地域の点検データに基づくものであり、山梨県に適用するには山梨県のデータに置き換える必要があった。

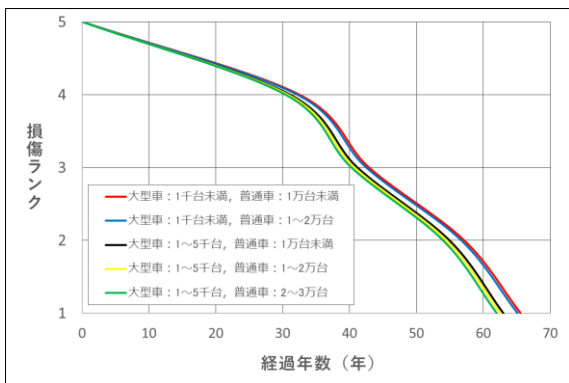


図-4 交通量別劣化曲線

そこで本研究では、白戸ら¹¹⁾によって提案されている目視点検データに基づく統計的劣化予測モデルを参考に、山梨県でも概ね5年の間隔で実施されている橋梁点検データから、劣化の状態遷移確率を推計する方法を用いることにした。

表-6 橋梁点検区分と劣化予測時の区分の関係

| | 点検区分 | 劣化予測区分 |
|--------|------|--------|
| 健全 | I | 5 |
| 予防保全段階 | II | 4 |
| | | 3 |
| 早期措置段階 | III | 2 |
| 緊急措置段階 | IV | 1 |

劣化の状態遷移確率は以下の式で表される。

$$P_{ij} = \frac{\text{時刻}t^A\text{の点検時に状態}i\text{かつ時刻}t^B\text{の点検時に状態}j\text{の橋梁数}}{\text{時刻}t^A\text{の点検時に状態}i\text{の橋梁数}} \quad (1)$$

ただし、 P_{ij} : 状態*i*から状態*j*への遷移確率。

実際の橋梁劣化は、地域環境によって差異がある。交通量の影響や塩害、凍害、化学的侵食などによって劣化状況は変わる。本研究では交通量の影響のみを考慮するものとし、内山らが示した小型車および大型車交通量別の劣化要因に係る補正係数により式(1)を補正した。

次に、国土交通省の道路メンテナンス年報の橋梁定期点検結果⁴⁾を用いて、式(1)を推計した。これらの点検データは、交通量が影響した結果のデータとなっている。そこで、補正された式(1)に点検データを当てはめることにより P_{ij} を推計した。その結果が以下である。

$$\mathbf{P} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 5 \\ 4 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.7898 & 0.1934 & 0.0120 & 0.0048 & 0.0 \\ 0.0 & 0.4732 & 0.4942 & 0.0326 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.6398 & 0.3602 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.3816 & 0.6184 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 1.0000 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

以上の結果、式(2)と交通量配分を行って得られるリンク交通量によって、健全度別橋梁の将来の劣化状況(将来健全度)の予測を行うことが可能になる。

(7) 劣化曲線と橋梁点検データの整合性

式(2)の劣化状態遷移確率を用いて、劣化曲線を引いた結果が図-5である。図-5には、劣化曲線と点検データの分布を通過交通量ごとに表した。各橋梁の通過交通量は、平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査(道路交通センサス)¹²⁾の24時間自動車類交通量(上下合計)の路線平均値を使用している。なお、⑥の市町管理橋梁に関しては、市町道の交通量データが十分に得られないことから、交通量が最も少ない区分と仮定した劣化曲線を使用した。

図-5より、点検データが曲線付近に分布しているケースが多いものの、曲線から離れて分布するケースもある。今後は、さらなる点検データの蓄積が必要であり、それらを踏まえて劣化曲線の推計精度を確認すること、また劣化曲線の予測に関しても交通量以外の地域環境要因の考慮を行うことなどが必要と考えられる。

3. 長期的維持更新費用の推計

(1) 対象とする構造物

劣化予測および維持修繕費用推計にあたり、本研究では、甲府都市圏内の県と市町管理の橋梁のうち、橋長15m以上の938橋を対象とする。

(2) 修繕費用の推計方法

前章で作成した劣化曲線に基づいて、橋梁ごとに修繕時期を推計する。ここでは架設年度において、健全度はランク5であるとする。そして、いずれの橋梁もランク1まで劣化曲線に沿って劣化が進行すると仮定する。

劣化の状況によって維持更新を行うものとする。その維持更新戦略には、事後保全型管理と予防保全型管理の2種類を想定する。前者は、橋梁の損傷が深刻化し、機能に何らかの障害が発生してから修繕するというものである。后者は、定期点検の実施により橋梁の健全度を把握し、損傷が深刻化する前に更新あるいは修繕を行うというものである(図-6)⁷⁾。

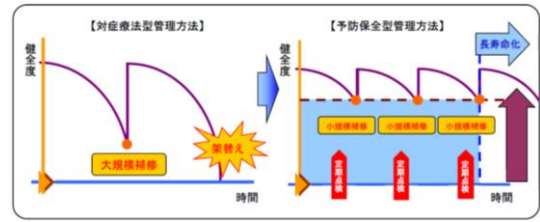


図-6 事後保全型管理方法と予防保全型管理方法のイメージ
【出典 山梨県県土整備部(2020)「山梨県橋梁長寿命化実施計画」】

推計にあたり事後保全型では、劣化状態が1(損傷が著しい状態)か2(損傷が大きい状態)に達したときに修繕され、状態5(損傷のない状態)に回復されるとする。予防保全型では、状態1, 2, 3(損傷ありの状態)に達したときに修繕され、状態5に回復されるとする(図-7)。それぞれの修繕費用は、貝戸ら¹³⁾を参考に、事後保全型128(千円/m²)、予防保全型48(千円/m²)とした(表-7)。事後保全型管理と予防保全型管理では、修繕の規模や時期が異なることから、平均単価にも差が生じる。この修繕単価と一橋梁あたりの平均面積565(m²)を用いると、一橋梁あたりの修繕費用は、事後保全型723万円/一橋梁、予防保全型271万円/一橋梁となる。

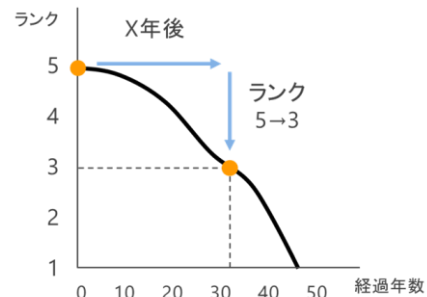


図-7 修繕時期の推定イメージ(予防保全型管理の場合の例)

表-7 管理方法別修繕単価

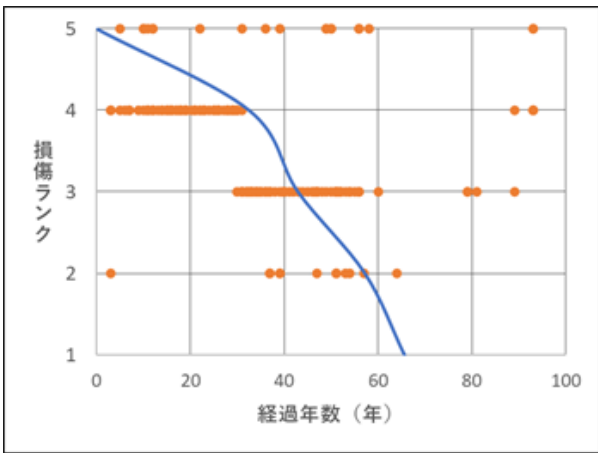
| | |
|-------|--------------------------|
| 事後保全型 | 128 (千円/m ²) |
| 予防保全型 | 48 (千円/m ²) |

(3) 修繕費用の推計結果

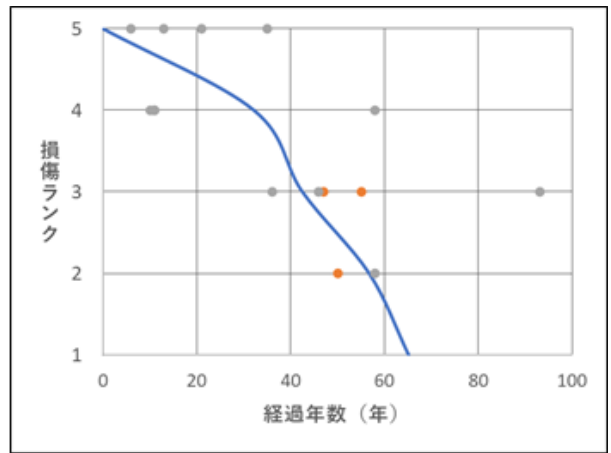
表-8に示した推計条件の下で、維持更新費用を推計した。

表-8 維持更新費用の推計条件

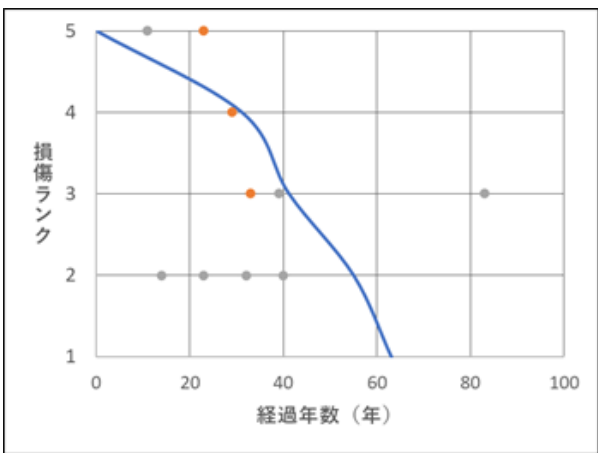
| | 管理方法 | 推計期間 |
|-------------------|--|------------------------|
| ケース1 [従来の修繕] | 事後保全型 | 2011年~2110年 (100年間) |
| ケース2 [予防保全を導入] | ~2020年度 事後保全型 2021年度~ 事後保全→予防保全 | |



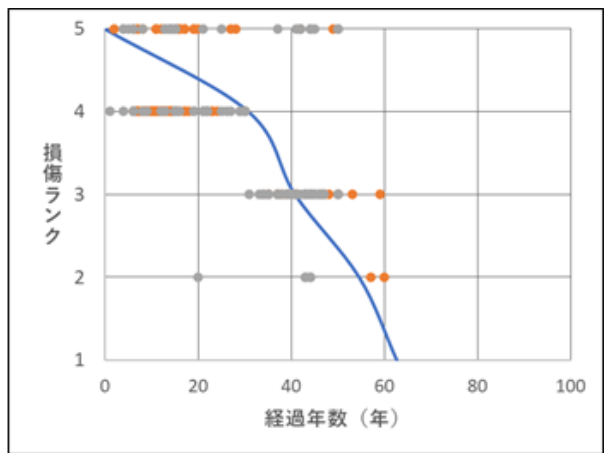
① 大型車1千台未満,
普通車1万台未満



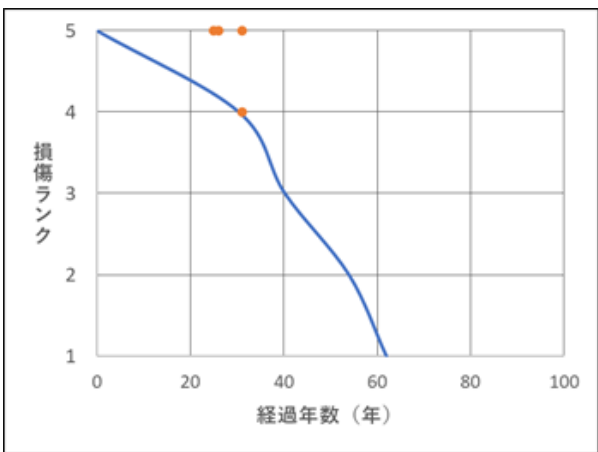
② 大型車1千台未満,
普通車1~2万台



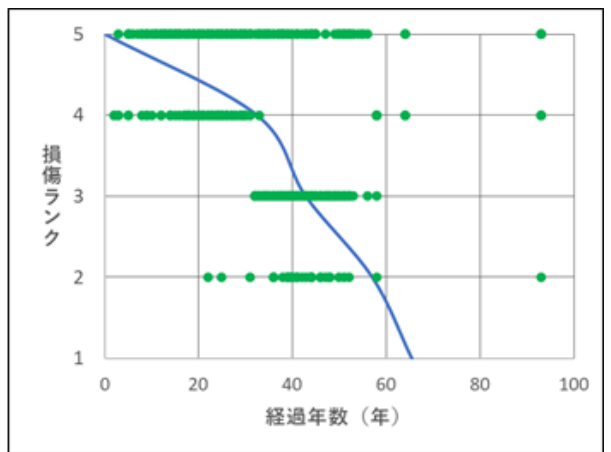
③ 大型車1~5千台,
普通車1万台未満



④ 大型車1~5千台,
普通車1~2万台



⑤ 大型車1~5千台,
普通車2~3万台



⑥ 市町管理橋梁



図-5 交通量別劣化曲線と橋梁点検データ

ケース 1 は、従来の事後保全型で管理する場合である。また、ケース 2 は予防保全型管理を想定したものである。ただし、2020 年度までを事後保全型、2021 年度から予防保全型の管理とした。これは、山梨県が 2020 年度までに損傷が激しい橋梁を集中的に補修し、それが終わり次第、予防保全型に移行するとしていたことから、本研究でもそれにならったものである。

2011 年から 2110 年までの 100 年間の維持更新費用を推計した結果が図-8 である。図-8 の推計結果から、ケース 1 は 2021 年度以降も一定の周期でまとまった維持更新費用の発生することがわかる。一方、ケース 2 は 2021 年度から 2035 年度までの 15 年間の費用は高額となり、ピーク時には 20 億円を大幅に超過するなど、単年度の費用がケース 1 よりも多くなる年度がある。しかしピークを過ぎれば、費用が急激に減少する。これは、2021 年度から予防保全型を取り入れているものの、2035 年まではランク 2 の橋梁をすべて修繕することができていないため、一部の橋梁は事後保全型で修繕される結果になったからである。よって、予防保全型では、当初の期間は費用が大きく増加することがわかった。

次に、対象とした 100 年間の総費用の推計結果を示したものが表-9 である。これより、事後保全型は 100 年間で総額 1,186 億円、予防保全型は 756 億円（事後保全型に比べ 36.2%削減）との結果になった。予防保全型では、単年度の費用が事後保全型より高額になるときがあるものの、100 年間全体で見ると総費用は抑えられることがわかる。推計結果から、その抑制率は 36.2%ほどである。表-9 の最下欄には、山梨県橋梁長寿命化実施計画において山梨県が公表している予防保全型維持管理の維持更新費用の削減率を示した。それによると、およそ 44%の費用削減が可能とされており、本研究での削減率とも近い結果になった。

表-9 100 年間の総費用と削減率

| | ケース1 | ケース2 |
|----------------|------------|--------|
| 費用 | 1,186 億円 ※ | 756 億円 |
| 削減率 [※を基準] | — | 36.2% |
| 削減率 [山梨県推計] | — | 44% |

(4) 新山梨環状道路による影響評価

a) 新山梨環状道路の便益評価

以前より、甲府都市圏では中心市街地に流入する通過交通量が多く、慢性的な渋滞が発生している点が課題とされていた、そのため、甲府都市圏内の交通の円滑化と周辺地域の連携強化を目的として、新山梨環状道路の整備が進められている¹⁴⁾。

新山梨環状道路の東部・北部区間(図-9)は、並行する国道 20 号の代替道路としての機能に期待がよせられており、新山梨環状道路の走行による時間短縮効果への期待とともに、国道 20 号をはじめとした周辺道路の渋滞損失時間の減少、それに伴う便益の増加が生じるとされている。

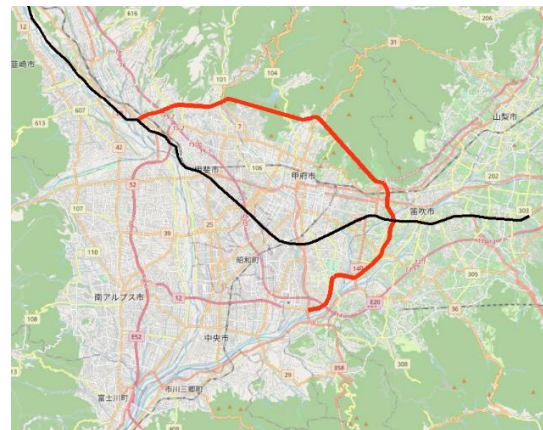


図-9 甲府都市圏内の主要幹線道路
[赤：新山梨環状道路，黒：国道 20 号]

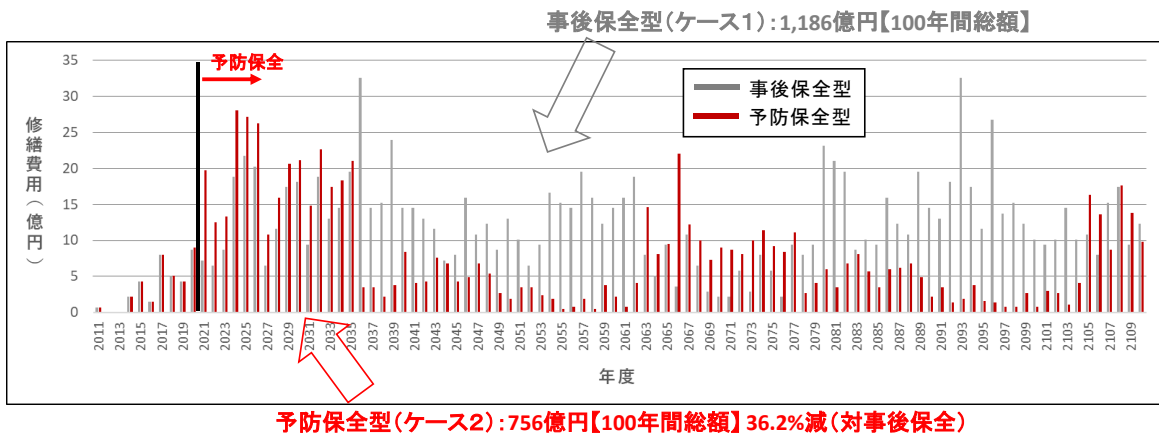


図-8 事後保全型および予防保全型の各管理方法による維持更新費用の推計結果

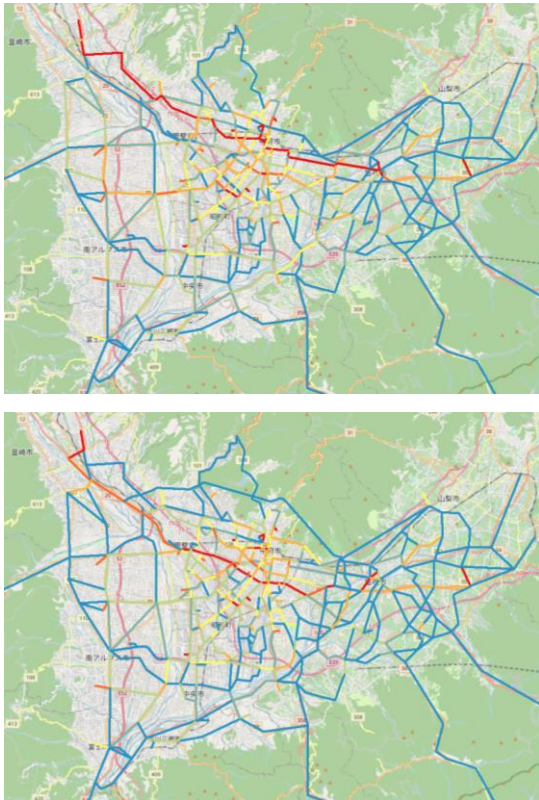


図-10 各リンクの混雑率

[上：新山梨環状道路整備なし，下：新山梨環状道路整備あり]

本研究では、まず新山梨環状道路整備による甲府都市圏内のゾーン間所要時間の変化を計測した。さらに、所要時間変化により発生する便益を計測した。なお、新山梨環状道路の整備によって、国道 20 号をはじめとする周辺道路から新山梨環状道路へ、交通量が転換することも期待される。このように、周辺道路特に国道 20 号から新山梨環状道路へ交通量が転換することによって、周辺道路の交通量が減少する。その結果、国道 20 号をはじめとした周辺道路上の橋梁劣化の速度が弱まる可能性がある。これにより、新山梨環状道路の維持管理費用がそれほど高額でなければ、全体の維持更新費用が減少する可能性がある。新山梨環状道路の整備によって、走行時間短縮による便益、周辺道路の渋滞緩和による便益とともに、橋梁の維持更新費用が減少することによる便

益も発生するのではないかと考えられる。前項までの橋梁劣化予測モデルおよび維持更新費用推計手法を用いて、本研究では新山梨環状道路整備による橋梁維持更新費用の削減効果の計測も行う。

まず、新山梨環状道路整備による甲府都市圏内の交通量の変化を図-10 に示す。新山梨環状道路の整備なし、ありの各ケースに対し分割配分による交通量配分を行い、交通量と混雑率を算出した。図-10 より、整備有無で各リンクの混雑率が大きく変化しており、整備によって混雑率の高いリンク数が減少していることがわかる。

さらに、整備有無のゾーン間所要時間変化と OD 交通量から、新山梨環状道路整備による時間短縮便益を計測した。発生交通側で合計をとり、地域別の便益を示したものが図-11 である。これより、新山梨環状道路沿線地域の一人あたり便益が大きいことがわかり、環状道路整備により所要時間短縮効果が十分みられることが明らかになった。また、甲府都市圏全体での単年度便益は総額で 39.6 億円/年との結果になった。

b) 新山梨環状道路の橋梁維持更新費用の影響評価

上記の配分交通量データをもとに、甲府都市圏内の橋梁維持管理費用を算出した。その結果を図-12、表-10 に示す。

図-12 は、各年度で発生する維持更新費用を示したものであり、上のグラフが新山梨環状道路整備なし、下のグラフが整備ありのケースである。なお、上のグラフは図-8 と同じものということになる。各ケースともに、事後保全型と予防保全型の 2 種類の推計を行っている。上のグラフ（整備なし）と下のグラフ（整備あり）では、ほとんど違いがないことがわかる。

表-10 2030年~2110年までの維持管理費用の合計

| | |
|-------------|----------|
| 新山梨環状道路整備なし | 591.9 億円 |
| 新山梨環状道路整備あり | 592.6 億円 |

さらに表-10 は、2030 年~2110 年の 71 年間の予防保全型管理における維持更新費用の総額を示している。現時点で新山梨環状道路の全線開通年度は未定であるため、

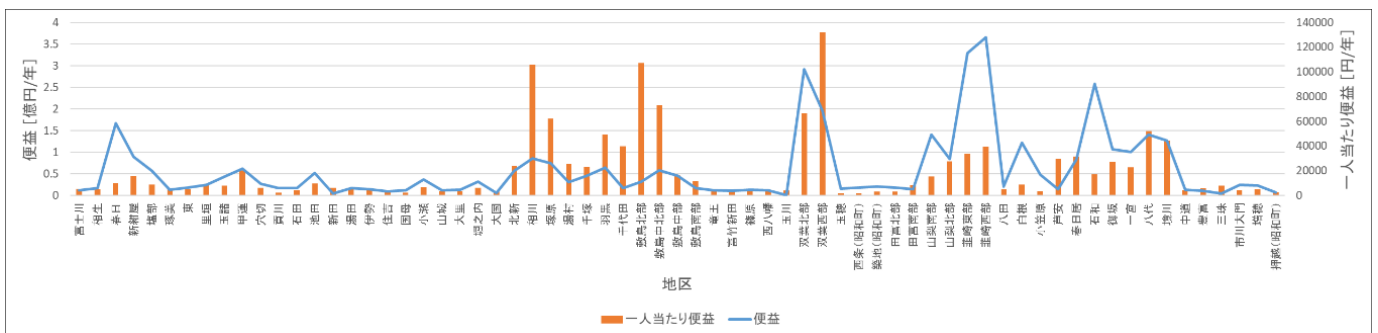


図-11 ゾーン別の時間短縮効果

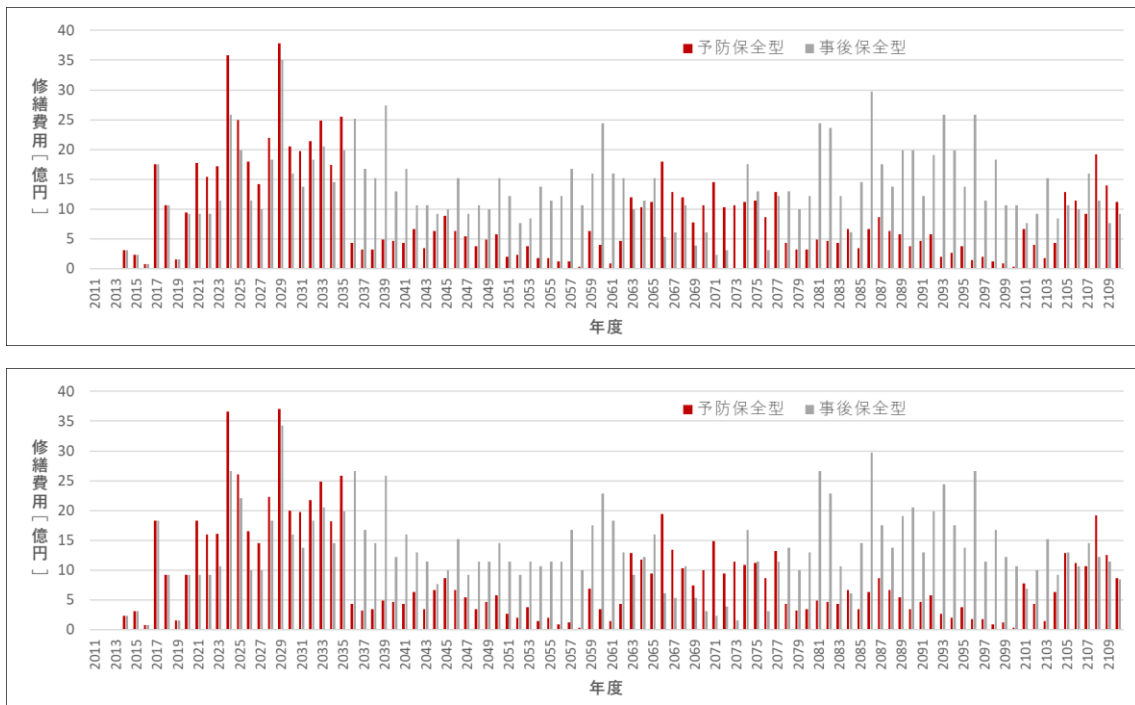


図-12 橋梁維持管理費用の推移 [上：新山梨環状道路整備なし，下：新山梨環状道路整備あり]

ここでは 2030 年度に開通すると想定したものである。これより、整備ありの維持更新費用は総額で、整備なしと比較すると微増であることがわかる。新山梨環状道路によって、維持更新費用が削減されるとの期待があった。しかし、シミュレーションの結果では維持更新費用の削減は認められなかった。これは、国道 20 号等の甲府都市圏内の主要幹線道路から新山梨環状道路への交通量の転換は生じたものの、それによって主要幹線道路の混雑が緩和すると、元々主要幹線道路が混雑することによって別ルートを走行していた交通が主要幹線道路を走行するようになり、結果的に交通容量の大きな主要幹線道路交通量が減少しなかったことに原因があると思われる。国道 20 号等の主要幹線道路の交通量が減少しなければ、それらの道路上の橋梁劣化の速度は変わらないため、維持更新費用の削減も生じなかったものと考えられる。

4. 結論

将来にわたり持続可能な道路維持管理を実現する上で、道路ネットワークの適切な維持更新時期の把握と将来の維持管理費用の予測が重要となる。そのため本研究では、甲府都市圏を対象として橋梁の劣化予測を行い、事後保全型および予防保全型の各管理方法における維持更新費用をそれぞれ推計した。推計結果から、予防保全型維持管理は、従来の事後保全型維持管理に比べて費用を大幅に削減することができ、効率的な管理方法であることを明らかにした。

さらに、甲府都市圏内に新山梨環状道路が整備された

場合の交通量の変化、所要時間短縮効果、維持更新費用の削減効果を分析した。その結果、域内の混雑率の高いリンクが大幅に減少し、所要時間短縮効果が十分にみられたものの、維持更新費用の削減効果が得られなかった。これより、費用の削減は、新山梨環状道路への交通量転換だけでは不十分であり、例えば並行する中央自動車道への転換を図るなど、甲府都市圏内主要幹線道路の維持更新費用の低減のためには、さらなる施策の検討が必要であるといえる。

参考文献

- 1) 武藤慎一ほか：高規格道路の持続的な維持管理・更新のための適正料金水準の導出，日本交通政策研究会，日交研シリーズ，A-806，2021。
- 2) 山梨県県土整備部：山梨県橋梁点検要領，2019。
- 3) 国土交通省道路局国道・技術課：橋梁定期点検要領，2019。
- 4) 国土交通省：道路メンテナンス年報（平成 30 年度・一巡目）3.道路メンテナンス年報データ集（平成 30 年度点検実施施設名），2019。
- 5) 国土交通省道路局企画課：道路統計年報 2010~2020，2010~2020。
- 6) 山梨県：山梨県公共施設等総合管理計画（平成 31 年 3 月改正），2019。
- 7) 山梨県県土整備部：山梨県橋梁長寿命化実施計画，2020。
- 8) 静岡県交通基盤部：社会資本長寿命化行動方針（参考資料編），2013。
- 9) 近田康夫，鈴木慎也，小川福嗣：点検結果に基づく劣化予測のためのマルコフ遷移確率推定方法に関する一考察，構造工学論文集，Vol.61A，pp.70-80，2015。

- 10) 内山典之, 西山真, 平野廣和, 佐藤尚次: RC 床版の劣化予測を考慮した橋梁維持管理システムの構築, 応用力学論文集, Vol.7, pp.1141-1148, 2004.
- 11) 白戸真大, 星隈順一, 玉越隆史, 河野晴彦, 横井芳輝, 松村裕樹: 定期点検データを用いた道路橋の劣化特性に関する分析, 国土交通省 国土技術政策総合研究所資料, No.985, 2017.
- 12) 国土交通省: 平成 27 年度 全国道路・街路交通情勢調査一般道路交通量調査, 2015.
- 13) 貝戸清之, 保田敬一, 小林潔司, 大和田慶: 平均費用法に基づいた橋梁部材の最適補修戦略, 土木学会論文集, No.801/I-73, pp.83-96, 2005.
- 14) 山梨県県土整備部道路整備課, 山梨県新環状・西関東道路建設事務所: 新山梨環状道路, パンフレット, 2017.

(Accepted March 6, 2022)