

## 橋梁の劣化予測モデル構築と維持修繕費用推計

山梨大学 学生会員 ○小松保亮 山梨大学大学院 学生会員 有働友哉  
山梨大学 正会員 武藤慎一

## 1.はじめに

我が国では橋梁の整備が高度経済成長期に集中して行われた。近年、多くの橋梁の修繕、架け替え時期が近づいている。そのため橋梁の維持補修費用は増加が予想される。これは山梨県甲府都市圏も例外ではなく、将来にわたる橋梁の維持修繕費用の削減が大きな課題である。橋梁の維持管理方法として事後保全型と予防保全型がある。前者は損傷が深刻化してから大規模な修繕を行う方法である。後者は損傷が深刻化する前に修繕を実施する方法である。事後保全型から予防保全型へ移行することで山梨県の試算<sup>1)</sup>では橋梁維持管理コストが60年間で25%減少する予測もされている。しかし、具体的にどのようなメカニズムにおいて維持管理方法の変更によるコストが削減されるのか明確に示されていない。甲府都市圏では新山梨環状道路の整備が計画されている。しかし、その整備によって、どれだけ維持管理コストが変化するのも考慮されていない。今後、増加する維持管理費用の適切な管理を考える上で、費用を示すことが重要と考える。

そこで、まず本研究では橋梁の床版を対象として劣化予測モデルを構築する。その後、床版の劣化予測モデルを用いて、将来維持費用推計を行う。なお床版は荷重による疲労によって損傷するため、交通量の影響を考慮した。

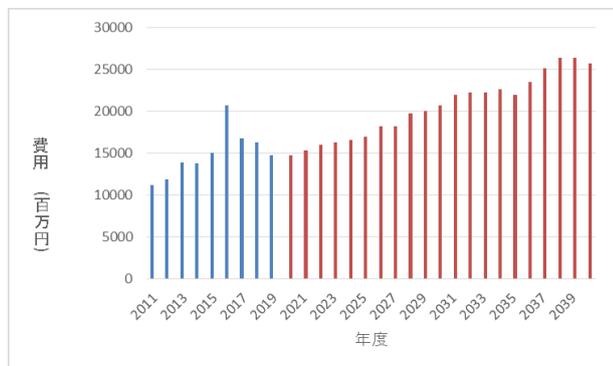


図1. 山梨県で必要な橋梁維持補修費用の予測<sup>1),2)</sup>

## 2.橋梁の劣化予測モデル

ここでは津田ら<sup>3)</sup>の劣化予測モデルを用いる。損傷ランクごとの推移確率行列を与える。これはマルコフモデルと呼ばれ、これを交通量によって劣化が変わるように補正する。まず式(1)、(2)を基に普通車、大型車それぞれの劣化曲線を求める。求めた劣化曲線に普通車と大型車の車両重量の重みをとり、平均劣化曲線を求める。それが、式(3)であり、図2である。

$$\lambda_{i,i-1} = \frac{P_{ii-1}}{n} \quad (1)$$

$$\tau_{i,i-1} = \frac{1}{\lambda_{i,i-1}} \quad (2)$$

$$\gamma_{k,j} = 0.11\gamma_{n,j} + 0.89\gamma_{b,j} \quad (3)$$

$\tau$ : 平均寿命(時),  $\lambda$ : 崩壊定数,  $n$ : 検査間隔,  $\gamma_{k,j}$ : 劣化要因変数,  $\gamma_{n,j}$ : 普通車交通量による劣化要因変数,  $\gamma_{b,j}$ : 大型車交通量による劣化要因変数

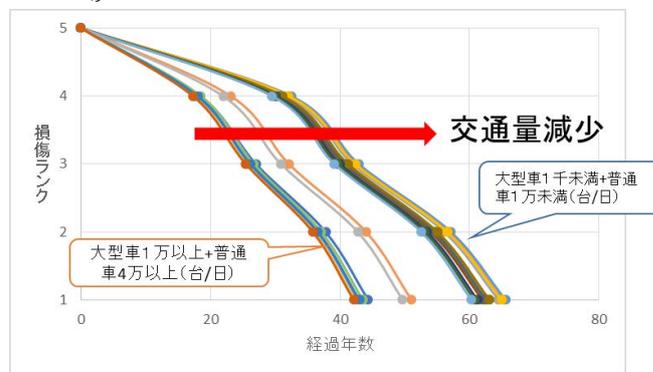


図2. 普通車と大型車交通量を考慮した劣化曲線

## 3.交通量推計

2.より求められた劣化曲線から甲府都市圏の橋梁劣化モデルを作成する。そのためには、交通量の把握が必要である。そのため、分割配分法により、現況交通量の算出を行った。交通量の算出は普通車と大型車交通量が必要である。甲府都市圏 OD には大型車交通量データがないため、分割配分した結果は普通

車交通量となる。大型車交通量は、普通車交通量に大型車混入率をかけることで求めた。

4. 普通車と大型車を考慮した劣化寿命の導出

図 2 のより求められた劣化曲線より、各リンクにおける橋梁寿命を算出した。交通量が少ない道路では交通量が多い道路の橋梁に比べて平均寿命が最大 5 年ほど長くなる。それは劣化が進みやすいことを表し、また橋梁の維持修繕費用の増加が考えられる。

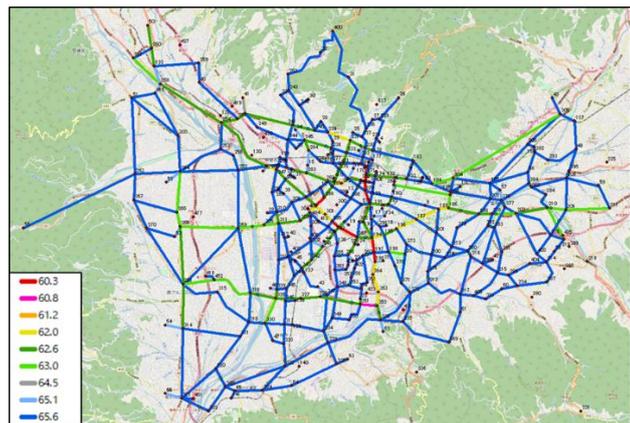


図 4. 普通車と大型車交通量を考慮した劣化寿命(年)

5. 維持管理費用推計

本研究では橋梁の新設・更新時点から次の更新時点までの期間を寿命期間長と定義する。その更新に必要な 1m<sup>2</sup> あたりの修繕平均単価  $b$  を寿命期間長  $\tau$  で除して、1m<sup>2</sup> あたり年間の修繕平均費用  $x$  を求める。これに 1 橋あたり平均面積を乗じて年間平均修繕費用を算出した。

表 1. 損傷ランク推定

ランク	内容
5	損傷は認められない
4	損傷あり、程度を記録する必要がある。
3	損傷あり、追跡調査を行う必要がある。
2	損傷が大きく、詳細調査を実施し補修の検討が必要
1	損傷が著しく、交通の安全確保の支障となる恐れあり

・事後保全型管理方法

回復水準：2 → 5 修繕平均単価  $b$  : 128 (千円/m<sup>2</sup>)

・予防保全型管理方法

回復水準：3 → 5 修繕平均単価  $b$  : 48 (千円/m<sup>2</sup>)

$$x = \frac{b}{\tau} \tag{4}$$

$b$  : 修繕平均単価(円) (貝戸ら<sup>4)</sup>のデータを用いた),  $x$  : 平均費用 (円/m<sup>2</sup>・年),  $\tau$  : 平均寿命期間長(年).

山梨県の平均橋梁 : 440m<sup>2</sup>

$$1 \text{ 橋あたりの年間費用} = 440x \tag{5}$$

算出された 1 橋あたりの維持修繕費用を整理する。

- ・事後保全型管理方法 : 約 100~160 (万円/年)
- ・予防保全型管理方法 : 約 50~83 (万円/年)

よって事後保全型管理方法から予防保全型管理方法へ移行することで維持修繕費用は約 50%減少することがわかった。また最も交通量が多い橋梁と少ない橋梁を比較した。すると交通量が多い橋梁は、少ない橋梁の約 63~68%維持修繕費用が大きいことがわかった。

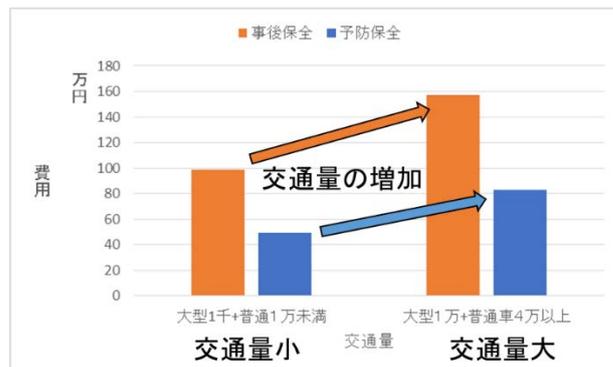


図 5. 事後保全と予防保全における橋梁維持費用

6. おわりに

甲府都市圏の橋梁劣化モデルを交通量ごとに算出した。さらに交通量を考慮した事後保全と予防保全型管理方法の違いによる維持修繕費用の差異を明らかにした。

今後は、これを用いて甲府都市圏全体での橋梁の維持費を推計する。また、新山梨環状道路完成した際の交通量変化による橋梁維持費の算出も行う。これらは講演時に発表する予定である。

謝辞：本研究は、山梨大学分野横断的融合研究プロジェクトおよび日本交通政策研究会平成 31 年度研究プロジェクトによる研究成果の一部である。日本交通政策研究会では、日本大学福田敦教授をはじめ研究会メンバーに貴重なコメントをいただいた。ここに記して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 山梨県県土整備部: 山梨県道路舗装維持管理計画, 山梨県, 2018.
- 2) 国土交通省: 道路メンテナンス年報 (平成 26~30 年度・一巡目), 国土交通省
- 3) 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.
- 4) 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.