

維持管理費用の縮減と地域の効用の低下の比較による廃橋を含めた橋梁管理のあり方に関する研究

岩柳 智之¹・田中 伸治²・中村 文彦³・有吉 亮⁴・三浦 詩乃⁵

¹学生会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション学府 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)
E-mail:iwayanagi-satoshi-xb@ynu.jp

²正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)
E-mail:stanaka@ynu.ac.jp

³正会員 横浜国立大学 理事・副学長 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)
E-mail:nakamura-fumihiko-xb@ynu.ac.jp

⁴正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)
E-mail:ariyoshi-ryo-gd@ynu.ac.jp

⁵正会員 横浜国立大学大学院 都市イノベーション研究院 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)
E-mail:miura-shino-xr@ynu.ac.jp

わが国では社会資本の老朽化を迎え、事後保全型から予防保全型の維持管理へと転換が進められ、道路橋では長寿命化修繕計画が策定されてきている。しかし、既に老朽化が深刻なために予防保全型の維持管理を行ってもその修繕・更新費は莫大であり、その全てを予防保全型で維持管理することにも限界がある。そのため施設の除却、道路橋においては廃橋を選択肢として計画に取り入れる必要があるが、地域の理解を得るためには廃橋の効果や影響を客観的に示す方法が必要となる。そこで本研究では廃橋による費用対効果計算として将来の維持管理費用の縮減と地域効用の低下を比較する方法を提示し、実際の地域にて道路ネットワークと橋梁のデータを用いた廃橋の費用対効果を計算する。そして、その結果から地域状況を踏まえた橋梁管理のあり方について検討する。

Key Words : *cost effectiveness, maintenance strategy, network analysis, bridge management system*

1. はじめに

(1) 研究背景

わが国では高度経済成長期に建設された社会資本が建設後50年を経過し、社会資本の急速な老朽化が社会問題となっている。道路橋(橋長2m以上で建設年度が不明でないもの)約40万橋に限ってみると、建設後50年を経過するものは2013年3月時点で約18%であるが、2023年3月には約43%、2033年3月には約67%まで急速に増加する¹⁾。こうした道路橋の急速な老朽化のために2007年度から国の主導により地方での橋梁長寿命化修繕計画の策定が進められてきた。また、2012年12月に発生した笹子トンネル天井板落下事故を契機に社会資本の老朽化に関心が集まり、わが国では2013年は「社会資本メンテナンス元

年」と位置づけられ、2013年4月時点での橋長15m以上の橋梁を対象とした長寿命化修繕計画策定率は地方公共団体全体では87%となった²⁾。

こうした橋梁長寿命化修繕計画では表1に示した対策シナリオの中でも予防保全型の考え方が用いられる。事後保全型の維持管理に対して予防保全型の維持管理によって、中長期的にトータルコストが縮減され、予算が平準化される効果が期待されている。そのため多くの自治体で事後保全型の維持管理から脱却し、予防保全型の維持管理を目標に橋梁長寿命化修繕計画が策定されてきている。

しかし、土木学会関西支部による「市町村等における維持管理の現状と対応に関する調査研究委員会 報告書」³⁾では、損傷が既に広範囲で深刻化しているために、

予防保全型の維持管理の初期段階で予算規模を大幅に超過する費用が必要になること、すなわち初期破綻に言及している。加えて地方自治体では人口減少が進み、利用者が少なくなるため、費用対効果に見合わない施設が増えるとしており、人材や予算の不足にさらされる市町村等の維持管理は厳しい状況といえる。そのため、事後保全型から予防保全型の維持管理への転換が遅れたことによって、全ての施設を予防保全型によって維持管理することに限界があることを指摘している。

このような状況に対し、アセットマネジメントとしての選択と集中による施設の統廃合が対応としてあげられる。道路橋の場合、使用制限や用途変更もしくは供用停止や廃橋がこの対応にあたる。しかし、道路橋の使用制限や用途変更は自治体の取り組みとして多くみられるものの、廃橋を計画的に行うものは少なく、橋梁長寿命化修繕計画において、廃橋を計画に含むものはわずかである。この理由として、施設の統廃合にあたっては、住民に対して、その意義や必要性を十分に説明し、客観的に効果やその影響を示す必要があるためであると考えられる。そのため廃橋を橋梁管理の計画における選択肢として組み入れるためには、廃橋の効果や影響を客観的に示すための方法を提示し、廃橋の意義や必要性を行政が説明しやすく、また住民が理解しやすいようにする必要がある。

表-1 維持管理における対策シナリオ³⁾

| 対策シナリオ | 考え方 | 工法一例 |
|--------|---|------|
| 使い捨て型 | 安全上の問題が深刻化する健全度まで、基本的に対策を行わない。 部材交換や橋梁の架け替えを行うため、一時的に大きな費用が発生する。 | 架け替え |
| 事後保全型 | 使用上の問題が発生する健全度で対策を行う。 | 断面修復 |
| 予防保全型 | 変状の小さい段階で効果の大きな対策を行う。 | 電気防食 |

(2) 研究目的

本研究では地方自治体が廃橋を橋梁管理の計画における選択肢の1つとして取り入れるための検討を行えるように、廃橋の効果やその影響を客観的に示す廃橋の費用対効果の計算方法の1つを提示することを目的とする。また、実道路ネットワークおよび供用中の実橋梁のデータを利用し、実際の地域を対象にこの費用対効果の計算を行う。この計算結果として、廃橋の効果があるとされた橋梁がある場合、その橋梁について地域の状況を踏まえた上で、実際に廃橋が受け入れられる余地があるのか検討することで廃橋の意義があるのかどうか明らかにすることを目的とする。

ここで、廃橋の効果やその影響を客観的に評価するために、費用対効果の計算では、費用を廃橋による地域の効用の低下、効果を廃橋による将来の維持管理費用の縮減とする。

(3) 研究対象地

本研究では横浜市道路局が所管する橋梁を研究対象とし、横浜市内の道路ネットワークを分析に用いる。

横浜市道路局では2017年3月31日時点で橋梁1712橋(事業中の橋梁を除く)を管理している⁴⁾。そのうち建設後50年以上経過している橋梁の割合は、2016年時点で約19%、2026年時点で約40%、2036年時点では約68%となる見込みであり、全国的な状況と概ね同様である。また、ライフサイクルコストの縮減を図るため、予防保全型による維持管理を目指しているが、廃橋が計画として取り入れられてはいない。

2. 既存研究の整理と本研究の位置づけ

(1) 既存研究の整理

インフラの統廃合および維持管理費用の縮減について検討している研究としては以下のようなものがある。佐藤ら⁵⁾は実際の都市を対象とし、住み替え率のシナリオを設定し、メッシュ単位の将来人口の推計値から、都市施設の維持管理費用を算出し、住み替え率による都市施設の維持管理費用の削減効果について算出している。大窪ら⁶⁾は公共施設の利用者が居住地から施設まで移動して、公共サービスを受けるというタイプの公共施設に適用可能であり、公共施設の更新・廃止計画を多時点最適施設配置モデルとして定式化されたモデルを提示している。このモデルではごみ処理施設を適用例として使用しており、施設間の距離の違いによって更新・廃止計画が異なることを示している。杉浦ら⁷⁾は利用者にとって許容される旅行時間の条件を満たしつつ、道路管理者の維持管理コストを最小にする道路統廃合のためのネットワークデザインの構築を行っており、モデルの挙動の確認のためのケーススタディとして、ある地域を参考にした橋梁をもつリンクを含む仮想ネットワークへ適用を行っている。また橋梁の修繕単価の算出のために、維持管理戦略ごとに50年間に必要な修繕回数と余寿命を設定して計算している。

(2) 本研究の位置づけ

既存研究ではインフラの統廃合によるインフラの管理者の観点と地域の観点での評価が十分にされていない。管理者の観点では、統廃合の対象となるインフラはあくまで管理区域内の全インフラの中の1つであり、そのインフラの維持管理費用は全インフラの維持管理計画や補修優先順位の影響を受ける。したがって、インフラの統廃合の評価に用いる維持管理費用は、統廃合の対象となるインフラ個別に算出されたものではなく、管理区域全体の計画を踏まえて算出されたものを用いるのが、管理者の観点では適切である。また、地域の観点では、イン

フラの統廃合は実際に利用する人だけでなく、利用しない人であっても影響を受けるものである。そのためインフラの統廃合による影響として、利用者の不便だけでなく、地域の効用の低下についても考慮する必要がある。

よって、橋梁を対象とした上で、橋梁の管理者である地方公共団体の維持管理計画および補修優先順位に基づいた維持管理費用を用い、また、橋梁の廃止が橋梁の利用者に与える影響だけでなく、地域に与える影響を整理することで、廃橋の費用対効果の計算を行い、廃橋を含めた橋梁管理のあり方を検討することが本研究の新規性である。

3. 橋梁管理者による廃橋の事例と計画

本研究を行うにあたって、廃橋の事例もしくは計画をもつ自治体等にヒアリング調査を行い、実際に廃橋に至る経緯や廃橋の影響、廃橋を実施または計画する際の課題について知見を得た。3章ではそれらの知見についてまとめる。

(1) 廃橋の事例

a) 川崎市 鶴見水管橋

2号配水本管1200mm鶴見水管橋(以下、鶴見水管橋とする)は横浜市鶴見区に位置する末吉配水池から川崎市内へ配水する施設として鶴見川を横断するために昭和29年に建設された。そのため本来であれば通行施設ではないが、近隣住民からの陳情により、鶴見水管橋本来の用途・目的を妨げないことを条件に人道橋として点検用通路を開放していた。しかし、耐震診断による耐力不足と建設後に制定された河川法に抵触していたことから、改修や補強等は不可能であったため、鶴見水管橋は撤去し、シールド工法による河川下横断管を新設した。このため、厳密には道路橋の廃橋とは異なり、また維持管理費用の削減を狙ったものではない。

しかし、この廃橋によって地域の観点からいくつかの課題が生じた。まず、廃橋により代替となる上流、下流の橋梁までの距離がそれぞれ900m、600mとなったことである。これにより橋梁の利用者にとっては迂回が生じたが、この事例においては、対岸に広域避難場所があり、地域の防災上の観点から橋梁が必要であるという日常の橋梁利用者に限らない住民からの声があった。さらにヒアリングによると、橋梁は普段利用しないが地域に残してほしいとの意見があった。

鶴見水管橋はあくまでも水管橋であり人道橋ではないため、地域の防災計画で避難経路として位置付けられているわけではない。しかし、橋梁の利用者の観点による迂回の不便だけでなく、防災や橋梁自体が地域にあることなど地域の観点においても廃橋の影響はあることが分かる事例である。

b) 独立行政法人水資源機構 武蔵水路改築事業

独立行政法人水資源機構による武蔵水路改築事業では武蔵水路上に位置する橋梁の架け替えが行われたが、そのうち市道3橋については架け替えをせずに廃橋された。廃橋された3橋はいずれも周辺の土地利用の変化や新規道路の建設によって、アクセスする道路を失っていた。3橋のうちの1橋である境橋の例では、以前は境橋を通る道路があったが、緑道の整備等の周辺環境の変化によって境橋を残す形で道路がなくなった。このように廃止された3橋は橋梁がその場所にある意義を失っており、誰の目に見ても橋梁が不要と言える状況であったため、廃橋に際して住民から橋梁の存続を求める声はなかった。つまり、橋梁がその場所にある意義を失っており、誰の目に見ても不要な状況であれば、廃橋が受け入れられることを示している事例である。

(2) 廃橋の計画

地方自治体が策定している橋梁長寿命化修繕計画の中にはわざわざはあがあるが、廃橋という考え方を取り入れたものがある³⁾。表2に示すように「減築(撤去)型」と「継続観察型」の2種類の維持管理シナリオがあり、各自治体の橋梁長寿命化修繕計画では予防保全型等とは別に数橋がこの維持管理シナリオの対象となっている。2種類の定義は廃橋を念頭にしている点では同じだが、前者の方が計画として維持管理費のトータルコストを削減するための廃橋といえる。そこで、この計画の策定をした東吾妻町へのヒアリング調査を行った。

表-2 廃橋を考慮に入れた橋梁管理区分³⁾

| 管理区分 | 維持管理内容 | 策定自治体 |
|---------|--|--|
| 減築(撤去)型 | 交通需要が少ない、または維持管理費用を軽減するために撤去を前提とした維持管理シナリオ | ひたちなか市(茨城県) 東吾妻町(群馬県) みなかみ町(群馬県) 杉戸町(埼玉県) 長南町(千葉県) |
| 継続観察型 | 代替路確保が可能で、補修では必要な安全性を確保できないため撤去へ向かう。 | 鶴岡市(山形県) 南陽市(山形県) |

東吾妻町では橋梁の健全性及び交通量を考慮した結果、減築(撤去)型を取り入れられた。東吾妻町では3橋が減築(撤去)型の対象となっており、いずれも旧道の付け替え等により東吾妻町に移管されたものである。危険なためバリエードにより通行不能となっている橋梁と明らかに利用がない山中にある橋梁があるが、図1に示す鳴瀬橋については大型車の通行を振動のために規制しているが、大戸交差点での信号待ちによる近道として利用されている。このように鳴瀬橋周辺の発生交通ではなく、近道としての利用による交通量があるため、橋梁の健全性としては減築(撤去)としているが、実際に減築(撤去)するには利便性が低下する住民も少ないながらもいるため

地元との調整が必要となる。このように計画として廃橋を考慮しても交通量がある場合、廃橋を実施するためには地元との調整が必要であり、その際には客観的に廃橋の効果とその影響を示す必要があることを示している事例である。



図-1 鳴瀬橋の位置と周辺環境

4. 研究手法

本研究では、廃橋による費用対効果の計算として将来の維持管理費用の縮減と地域効用の低下を比較する方法を用いる。この方法を用いて、横浜市内のある地域を対象とし、その対象地域内の各橋梁について、費用対効果の計算を行う。計算結果のうち廃橋の効果がある橋梁がある場合、その橋梁の廃止が対象地域の状況からみて、実際に受け入れられる余地があるのかどうか橋梁管理のあり方を検討する。

(1) 対象地域の選定における留意点

対象地域の選定にあたっては、橋梁が密集している地域を選ぶ。橋梁は地域と地域をつなぎ、地域の分断を解消するインフラであり、多くの場合、河川や鉄道、高速道路に沿って存在する。そのため廃橋によって上下流との橋間が大きく開く場合、費用にあたる地域の効果の低下が大きくなる。そのため対象地域の選定にあたっては、防災上の観点から橋間が1km以上空くことは望ましくない⁸⁾ことより、廃橋によって橋間が1km以上開くことのない範囲で橋梁が密集している地域を選定する。

(2) 将来の維持管理費用の算出

橋梁の将来の維持管理費用の算出にあたっては、横浜市道路局建設部橋梁課の「横浜市橋梁マネジメントシステム」を利用する。このシステムは各橋梁の点検結果に基づいた劣化予測を行い、「橋梁の健全度」および「橋

梁の重要度」から補修優先順位をつけ、予算制約や予防保全や事後保全などのシナリオに従ってメンテナンスサイクルを回し、各シナリオでの維持管理投資額や投資効果としての橋梁の健全度の分布などが得ることができ、長寿命化修繕計画の策定の支援を目的としている。このシステムにより予測ではあるが、全体計画として最適な補修戦略の下で個別橋梁の将来に亘っての維持管理費用を算出することができる。

本研究では、予算制約のあり/なしや異なる補修シナリオなど、いくつかの状況をつくり、横浜市橋梁マネジメントシステムを実行する。そして設定した状況における全体計画として最適な補修戦略の下での橋梁個別の維持管理費用が得られ、これを設定した状況下におけるその橋梁の将来の維持管理費用と定義する。この将来の維持管理費用がその橋梁の廃橋を選択することによって縮減される維持管理費用に相当し、費用対効果の計算における効果となる。

(3) 廃橋による地域効用の低下の算出

廃橋の事例調査から得られた知見のように、廃橋による地域効用の低下には日常的な橋梁の利用者に影響するものと橋梁を利用しない人に影響するものに分かれる。前者についてはネットワーク分析を行い、廃橋によって橋梁のリンクが失われることによる迂回などについてまとめる。後者については、鶴見水管橋では対岸に広域避難場所があったが、これは地域の状況によって内容が異なる。そのため対象地域の選定後、その対象地域の状況や特徴を整理し、地域効用の低下についてアンケート調査等を用いて評価を行う。

5. おわりに

今後、いくつかの橋梁が密集する地域から、橋梁マネジメントシステムによる出力結果に従い、橋梁の健全度が悪く、また、橋梁の維持管理費用の縮減の効果が大きい地域を選定する。その後、選定された対象地域の状況や特徴を整理し、その地域において廃橋によって低下する地域効用をできるだけ的確に評価する。これにより、対象地域内での費用対効果の計算を行っていく。

謝辞：本研究の一部は文部科学省・科学技術振興機構による「センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム」の支援を受けて行われたものです。また研究の遂行にあたり、横浜市道路局建設部橋梁課の皆様には橋梁データや橋梁マネジメントシステムの利用についてご協力を頂いた。また、川崎市上下水道局水道部水道管路課、独立行政法人水資源機構利根導水総合事業所、東吾妻町建設課の皆様にはヒアリング調査にご協力を頂いた。ここ

にその謝意を表明させていただく。

参考文献

- 1) 国土交通省：インフラメンテナンス情報-社会資本の老朽化対策情報ポータルサイト-, Web page
- 2) 国土交通省道路局：道路橋の長寿命化に関する取組状況, Web page
- 3) 公益法人土木学会関西支部：市町村等における維持管理の現状と対応に関する調査研究委員会 報告書, 2014
- 4) 横浜市道路局建設部橋梁課：横浜市橋梁長寿命化修繕計画, 2017
- 5) 佐藤晃, 森本章倫：都市コンパクト化の度合いに着目した維持管理費の削減効果に関する研究, 都市計画論文集, No.44-3, pp.535-540, 2009
- 6) 大窪和明, 奥村誠, 吾妻樹：更新・廃止計画のための多時点最適施設配置モデル, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.70, No.5, I_211-I_220, 2014
- 7) 杉浦聡志, 町勉, 塚本睦, 高木朗義, 倉内文孝：道路統廃合を念頭にした生活道路ネットワークデザインモデルの実装に向けた拡張, 土木学会論文集 F4(建設マネジメント), Vol.71, No.4, I_53-I_63, 2015
- 8) 横浜市道路局計画調整部企画課：鶴見川中下流域の適正な橋梁間隔に関する検討結果, Web page

A STUDY ON BRIDGE MANAGEMENT PLAN INCLUDING THE ABOLITION OF THE BRIDGE BY COMPARING REDUCTION OF MAINTENANCE COST AND DECLINING OF AREA UTILITY

Satoshi IWAYANAGI, Shinji TANAKA,
Fumihiko NAKAMURA, Ryo ARIYOSHI and Shino MIURA

In Japan the infrastructure is facing rapid deterioration and conversion from post-maintenance to preventive maintenance is underway. Therefore, regarding the road bridge, repair plan for extending service life of bridge based on the idea of preventive maintenance has been formulated. However, since deterioration is already serious, even if preventive maintenance are carried out, its repair and renewal expenses are huge and it is difficult to shift maintenance of all infrastructure to preventive maintenance. Therefore, there is a need to adopt not only preventive maintenance but also abolition of infrastructure as an idea for that plan, but in order to gain understanding of the residents, a method to objectively show the effect and impact of abolition of the bridge is required. In this study we present a method to compare reduction of future maintenance cost and declining of area utility as calculation of cost effectiveness by abolition of bridge. And we calculate the cost effectiveness of abolition of bridge using road network and bridge data in the actual area. Finally, according this calculation results, we examine bridge management plan such as whether there can be abolished bridges based on the situation of the target area.