

## 耐震補強事業と修繕事業を併用した橋梁の維持管理計画

○ (株) 東和設計 小森 武 (株) 東和設計 下田 英俊  
 日大生産工 阿部 忠 日大生産工 (非常勤) 川井 豊  
 柏市役所 川島 圭裕 柏市役所 吉田 博基

## 1. まえがき

柏市において管理する橋梁は、昭和55(1980)年に建設のピークを迎え、その数は現在176橋にのぼり(図-1)、橋梁形式の比率は図-2に示すとおりである。今後は、当時考えられていた橋梁の寿命である50年を経過する橋梁が増加することとなり、市では老朽化対策として、平成24年度に柏市橋梁長寿命化修繕計画<sup>1)</sup>を策定した。

市では、平成21年～平成23年度に管理する橋梁に対し、柏市橋梁点要領(案)<sup>2)</sup>に基づいて橋梁点検を実施し、現状における修繕対策に必要な橋梁を選定した。その結果を踏まえ、インフラである橋梁を安全な状態で維持するため、長寿命化修繕計画に則り計画的な修繕を行い、橋梁修繕に係わる費用の縮減・修繕時期の平準化等、合理的に修繕計画を推進している。

市では、これを機に橋梁部材の損傷が顕在化した時期に大規模な修繕を行う「事後保全型維持管理」から、橋梁部材毎に損傷度の判定・健全性の評価を行い、損傷が軽微な段階で計画的

な修繕と架け替えを実施する「予防保全型維持管理」へと管理方法を転換した。

一方、柏市地域防災計画<sup>3)</sup>によれば、柏市に特に影響がある地震として、「東京湾北部地震(マグニチュード7.3)」、「茨城県南部地震(マグニチュード7.3)」、「柏市直下地震(マグニチュード6.9)」の3つの地震が想定されており、これらの巨大地震時に対する橋梁の耐震性の向上を図る必要もある。

柏市では、緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム<sup>4)</sup>に従い、平成17年から平成19年の3箇年で重要路線上の7橋について耐震補強を実施した。しかし、それ以外の橋梁では耐震補強が未完了であり、地域防災計画の実現の観点から、対応することが求められる喫緊の課題である。

本研究では、これまで個別に実施してきた長寿命化計画における維持修繕事業と、新規に策定する耐震補強事業とを同時施工する場合の合理性、ならびに事業費縮減効果に対して実施したシミュレーションの検証結果<sup>5)</sup>について報告するものである。

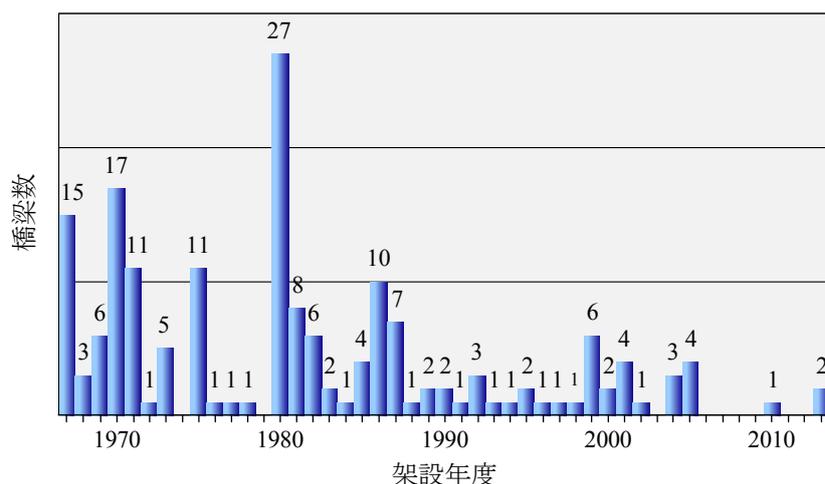


図-1 橋梁架設年度の分布

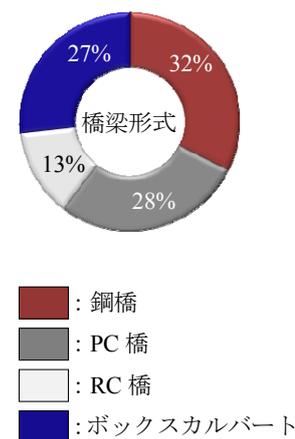


図-2 橋梁形式の分布

### Combination with Seismic retrofit business and Maintenance plan business for existing bridge

Takeshi KOMORI, Hidetoshi SHIMODA,  
 Tadashi ABE, Yutaka KAWAI, Keisuke KAWASHIMA and Hiroki YOSHIDA

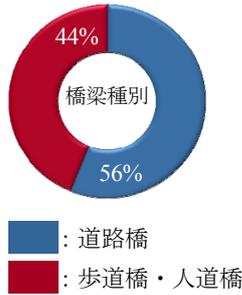
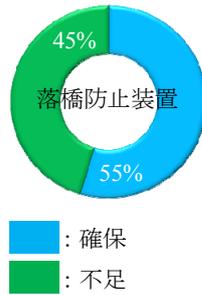
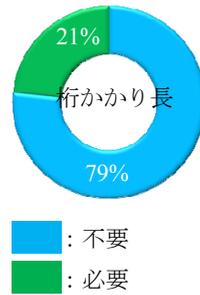


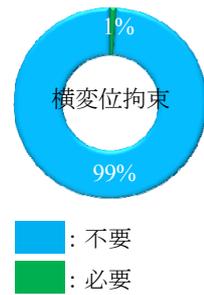
図-3 橋梁種別の比率



(1) 落橋防止装置



(2) 桁かかり長



(3) 横変位拘束

図-4 落橋防止システムの必要性の調査

## 2. 耐震補強事業の概要

### (1) 耐震補強事業の対象橋梁の選定

耐震補強事業の対象とする橋梁は、下記条件により選定した75橋である。

- 1) 径間数が2以上の橋梁
- 2) 径間数が1であっても、鉄道や高速道路、重要河川、主要幹線道路を跨いでいる橋梁
- 3) 地域防災計画によって位置付けられた市指定の緊急輸送道路を構成している路線上の橋梁

図-3に示すように、対象となる75橋の橋梁種別の比率は、道路橋が42橋（56%）、歩道橋・人道橋が33橋（44%）である。

図-4には75橋の橋梁の上部工のうち、落橋防止システムの設置の必要性を調査した結果を示す。

落橋防止装置必要とする橋梁は34橋（45%）、桁かかり長が不足している橋梁が16橋（21%）、横変位拘束が必要と判定された橋梁は1橋（1%）である。

### (2) 目標とする耐震性能

選定された橋梁は、緊急輸送道路に架かる橋梁、高速道路や鉄道を跨ぐ橋梁、災害時の住民の避難経路となる橋梁等、いずれも災害時には重要な役割を担うものである。しかし、これらの全ての橋梁に対して同じ耐震性能レベルを求めることは合理的ではない。

そこで、道路橋と歩道橋・人道橋を分けて目標とする耐震性能を設定するものとする。対象橋梁は、国や県の緊急輸送路等に指定された重要路線に該当していないため、部分的な損傷は許容する。

道路橋においては、被災後の避難移動や避難場所への物資輸送に利用されることが予想されるため、被災後速やかに機能回復を行える耐震性能2を確保する。

一方、歩道橋・人道橋は避難移動に使われる

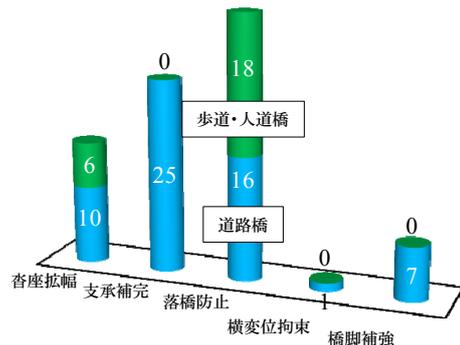


図-5 橋種別の補強方法

機会が少ないと考え、落橋による桁下路線の被害を避けることを目的に耐震性能は3を確保する。

なお、今回の耐震補強事業では基礎部分への補強は対象外とし、道路橋においてB活荷重への補強対策が実施されていない場合は、補強を考慮しないこととする。

### (3) 耐震補強方法の考え方

それぞれの耐震性能を満足させるために、上部工、ならびに下部工で補強が必要であると判定された橋梁は、道路橋で27橋、歩道橋・人道橋で19橋の合計46橋である。図-5には橋種別の補強方法と箇所数を示す。

図-5に示した補強の具体的な方法を下記のa)、およびb)に示す。

#### a) 上部工に対する補強方法

上部工の耐震補強対策は、示方書<sup>9)</sup>に基づき、各橋梁の条件、要求性能を考慮して決定した対策を記述する。

##### 1) 沓座拡幅

沓座拡幅が必要な橋梁は、支承補完装置、あるいは落橋防止装置が必要となっていることから、これらの取付けブラケットを兼用する鋼製ブラケットにより必要桁かかり長を確保するものとする。

## 2) 支承補完装置

現橋に設置されている支承の多くはタイプA支承であるため、レベル2地震動に抵抗する補完装置を設ける。

## 3) 落橋防止構造

現在、落橋防止装置が設置されている橋梁の多くは、レベル1地震動を想定して取付けられている。これらは緩衝機能の無い構造が採用されているため、示方書<sup>6)</sup>の省略条件を満たしていない橋梁には新たに落橋防止装置を設置することとする。

## 4) 横変位拘束構造

横変位拘束構造が必要な橋梁は、支承補完装置が必要となっていることから、横変位拘束構造として設置するストッパーに地震時の直角方向水平力を負担させるものとする。

## b) 下部工に対する補強方法

道路橋の下部工に対する耐震補強は、前述の3箇年プログラムに従い決定する。また、歩道橋・人道橋は道路橋と比較して上部構造が軽く、保有耐力が高いと考えられることから橋脚への対策は不要とする。

補強方法は、一般的なRC巻立て、鋼板巻立てに加え、NETIS から検索したPPT工法、SRS工法、乾式吹付耐震補強、AT-P工法の各工法を想定する。

## 3. 事業効果の検証と事業費の平準化

本研究の主な目的は、修繕事業と耐震事業の同時施工による経済性と合理性をシミュレーションにより検証することである。そのため、シミュレーションを実施するに当たり、両事業において、幾つかの条件を設定する。なお、シミュレーションの開始は平成28年度である。

長寿命化計画による修繕計画は、策定後4年が経過しているため、この間に変動した労務単価、施工費、点検費用等を見直す。また、この間の補修工事は完了したものとして、事業費とその後の健全度を算出する。

また、今回の耐震事業費は詳細な耐震補強設計を行わず、耐震補強が必要とされる橋梁に対してその方法を仮定することで算出し、事業は10年間で実施完了すること、道路橋と歩道橋については、それぞれに耐震補強の優先順位を設定するものとする。

### (1) 事業費の算出

図-6には、平成28年から50年間の事業

費の累積を、図-7には年次事業費の推移を示す。

図-6の青線は、橋梁定期点検要領<sup>7)</sup>に基づいて、健全度の判定区分Ⅲ（対策区分C）に達した段階で修繕を繰り返した場合について事業費を算出した結果であり、その費用は約130億円となる。また、赤線は従来の事後保全型維持管理を実施した場合、或いは管理水準を健全度の判定区分Ⅳで実施した場合の事業費の算出結果で約337億円となり、両事業費を比較した結果、予防保全型維持管理計画で事業を実施することにより約207億円（約61%）の削減効果が得られる結果となった。

しかし、図-7に示す結果は、年度内の事業予算に対して制限を設けない場合のものであり、各年度の事業費の推移にはバラツキが大きい。したがって、集中的に10年間で耐震事業を完了した後の、修繕事業に対する年度毎の予算の平準化を図る必要がある。

年間事業費は、これまでの柏市の実績により、1.5億円、1.6億円、1.7億円の3ケースを設定し、平準化を試みた。

その結果、予算制約を1.5億円とした場合のケースが他のケースと比較して最も削減効果が認められた。図-8には予算制約を1.5億円とした場合の平準化した結果を示す。

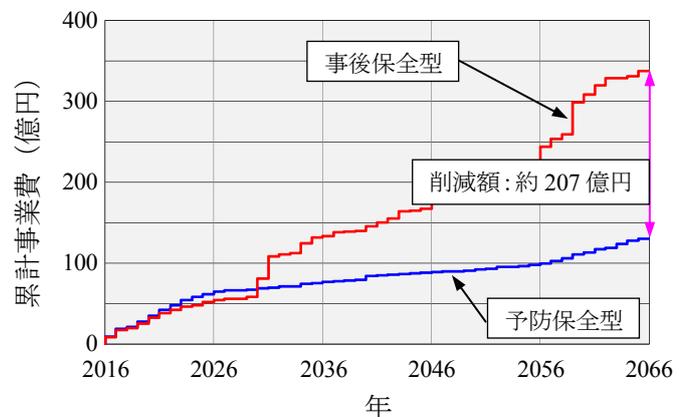


図-6 事業費の比較

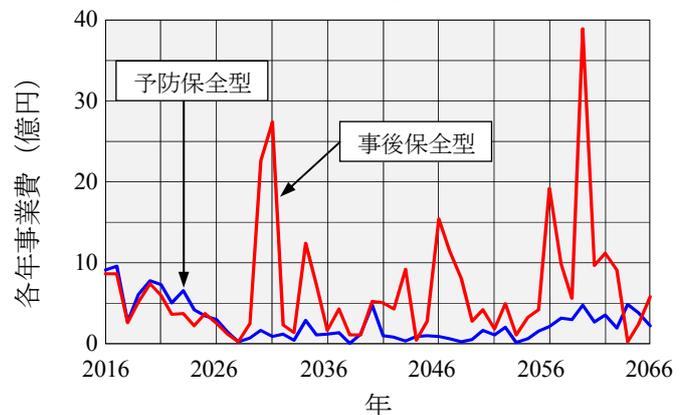


図-7 各年事業費の推移

## (2) 耐震事業費の算出

耐震事業に着目して、次の2つのケースで効果の検証を行う。

ケース1では、修繕事業は各部材の劣化曲線から橋梁ごとに最適な時期に実施し、ケース2では、修繕事業を耐震事業の実施時期に合わせて実施するものとする。

その結果、50年間のケース1における事業費は約133億円、ケース2における事業費は約130億円となり、約2%の縮減効果を得ることができる結果となった。

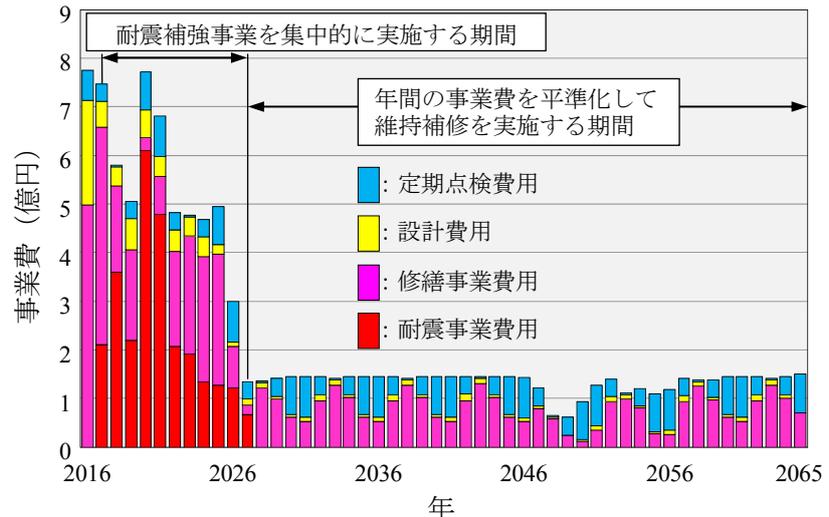


図-8 事業費の平準化の結果

## 4. まとめ

本研究では、平成24年度に策定された橋梁の長寿命化修繕計画と、新たに計画されている橋梁の耐震補強事業を同時施工した場合の事業費縮減効果に対して実施したシミュレーションの検証結果について述べた。

得られた主な結果と課題を以下に示す。

- 1) 予防保全型の維持管理修繕事業と耐震事業を同時施工することにより、50年間の累計事業費は、事後保全型の維持管理費に比較して約61%の縮減効果を見込める結果が得られた。
- 2) 本研究における耐震事業の対象橋梁は、市で管理する176橋に対して43%にあたる75橋であり、耐震補強事業に着目した事業費の縮減率は50年間で2%となった。自治体における橋梁の管理数と耐震事業の対象とする橋梁数の比率の変化により、今回と同様のシミュレーションを実施した場合でも、その結果に変動が生じることが考えられる。
- 3) 同時施工を計画することにより、設計・施工の合理化を図ることが可能である。
- 4) 施工時における既設構造物への影響回数を低減し、構造物の耐荷力性能の低下を抑制できる可能性があると考えられる。
- 5) 今回策定した結果は、平成28年度を起点として50年間という期間を設定して得られた結果であり、今後、労務単価・施工費・点検費の見直しを適宜実施する必要があると考えられる。
- 6) 事業費を見直す際には、耐震補強を含め、最新の技術を取入れてコストダウンを図ることも必要と考えられる。

今後の補修設計や耐震設計において、例えば伸縮装置取替工を採用するに至った際、多くは「これまでと同様の機能を有する伸縮装置への置換案」が採用されている。

ところで、これまでに我々が経験してきた大規模地震において、伸縮装置での段差発生は物流や復旧・復興のための交通網の回復を遅らせる一因ともなっている。段差発生の要因として、支承の損傷やアバットの背面盛土の沈下等が指摘されている。仮に、延長床版のようにアバット背面の土工部分に伸縮装置を設置する等、橋梁の維持補修のみにとらわれるのではなく、道路構造物全体のメンテナンスも考慮した広い視野で設計や施工計画を策定していくことも重要であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 柏市 土木部 道路維持管理課：柏市橋梁長寿命化修繕計画，2013。
- 2) 柏市 土木部 道路維持管理課：柏市点検要領（案），2009。
- 3) 柏市防災会議：柏市地域防災計画，2016。
- 4) 国土交通省：緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム耐震補強マニュアル（案），2005。
- 5) 吉田博基，川島圭裕，阿部忠，川井豊，小森武，下田英俊：耐震補強と修繕計画を併用した橋梁維持管理計画，2016。
- 6) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震編，2012。
- 7) 国土交通省 道路局：橋梁定期点検要領，2014。