

美馬市 橋梁長寿命化修繕計画

美馬市 經濟建設部 監理課

【目 次】

1. 長寿命化修繕計画の背景と目的	
1-1. 背景	1
1-2. 目的	1
1-3. 基本方針	2
1-4. 計画策定までの手順（フロー）	3
2. 維持管理方針の設定	
2-1. 維持管理区分の定義	4
2-2. 判定区分の分類	5
2-3. 長寿命化修繕計画への反映方針	5
2-4. 判定区分結果	6
3. 健全度の設定方法	
3-1. 劣化機構の設定	7
3-2. 健全度の設定方法	8
4. 劣化予測手法	
4-1. 劣化予測手法	9
5. 事業予測の手法	
5-1. 事業費予測の基本的考え方	10
5-2. 評価単位の設定	10
5-3. 平準化と優先順位評価	11
6. 修繕計画による効果	
6-1. 将来事業費予測	13

1. 長寿命化修繕計画の背景と目的

1-1. 背景

美馬市が管理する橋梁(橋長14.5m以上)は現在123橋あり、その多くの橋梁が高度経済成長期以降に架設されています。また、1994年に徳島自動車道が開通したことにより多くの高架橋が架設されたこともあり、架設年を把握している橋梁だけで1970年代から1990年代に全体の半数もの橋梁が架設されています。

一方で、これらの橋は架橋してからかなりの年数が経過しており、管理する123橋のうち架設後50年を経過する橋梁は21橋で17.1%を占める。20年後には、70橋(56.9%)に上り、今後修繕費が集中的に必要なことが予想されます。

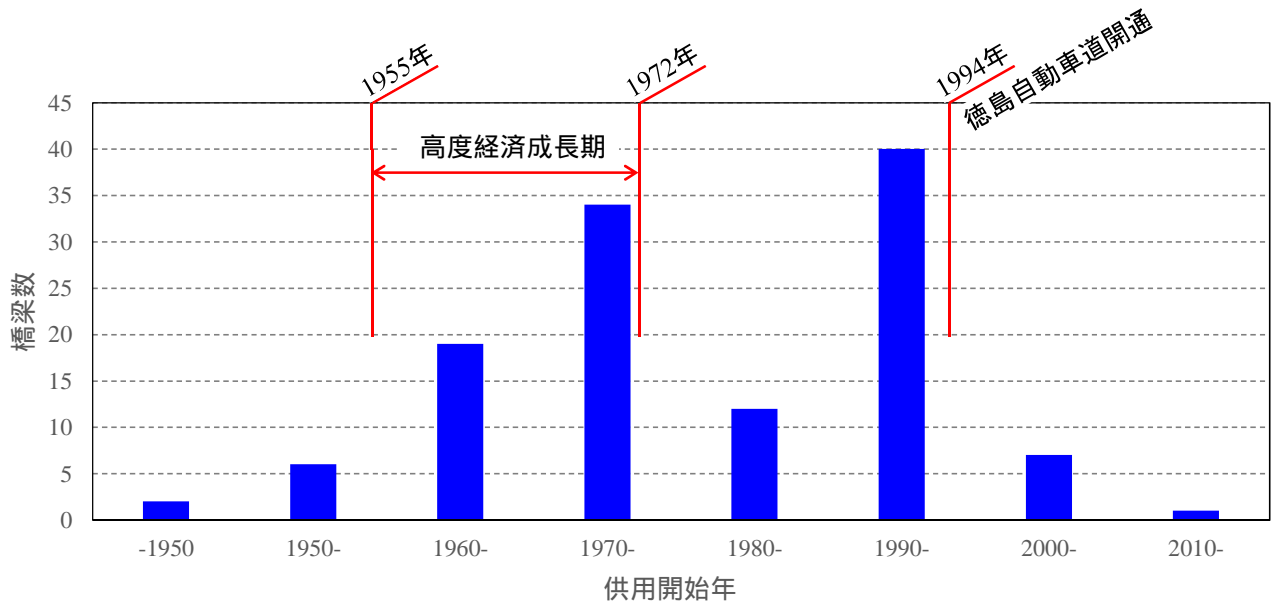


図-架設年度別橋梁の分布

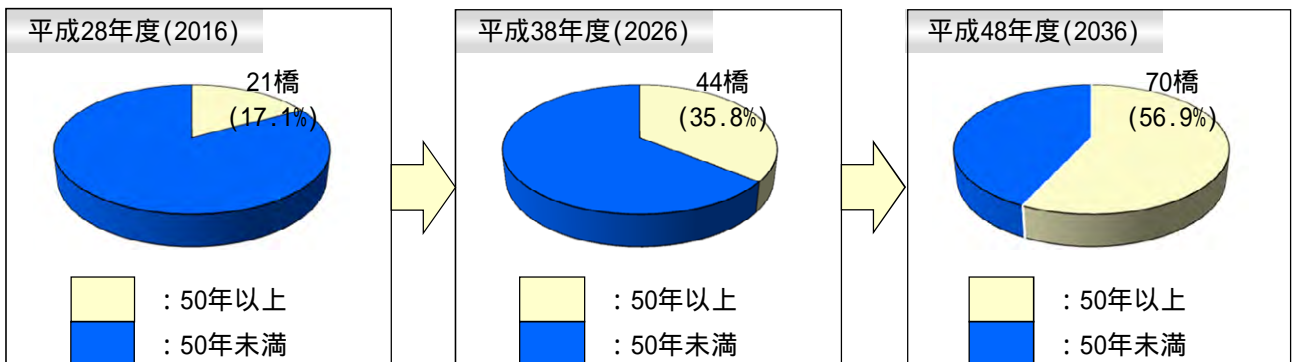


図-高齢化橋梁の変遷

1-2. 目的

道路ネットワークの安全性・信頼性の確保

従来の『悪くなってから修繕する管理』から、『定期的に点検を実施し損傷が小さいうちに計画的に修繕を行う管理』へ移行し、橋の長寿命化を図るとともに県民の方が生活する上で、大切な道路交通の安全や貴重な財産を守っていくことを目的とします。

コストの縮減、必要予算の平準化(平均化)

長寿命化を行うことにより、今後、増大が見込まれる橋梁の修繕・架替えに要する経費に対し、可能な限りのコスト縮減・必要予算の平準化(平均化)を行います。

1-3. 基本方針

【1】全橋梁を対象とした計画の策定

道路管理者が管理する全ての橋梁を対象とし、長寿命化修繕計画を策定します。(今後、定期点検を実施する橋梁も計画の更新時に対象としていきます。)

【2】道路交通の安全性・信頼性を将来にわたって確保

橋梁を良好な状態に保つため、日常的な維持管理としてパトロールによる通常点検と、原則5年に一度の定期点検を計画的かつ継続的に実施することにより橋梁の状態を早期かつ的確に把握し、早期に維持修繕を実施していくことで、道路交通の安全性・信頼性を将来にわたり確保します。

(a) 日常パトロール



日常パトロールの状況

(b) 橋梁定期点検



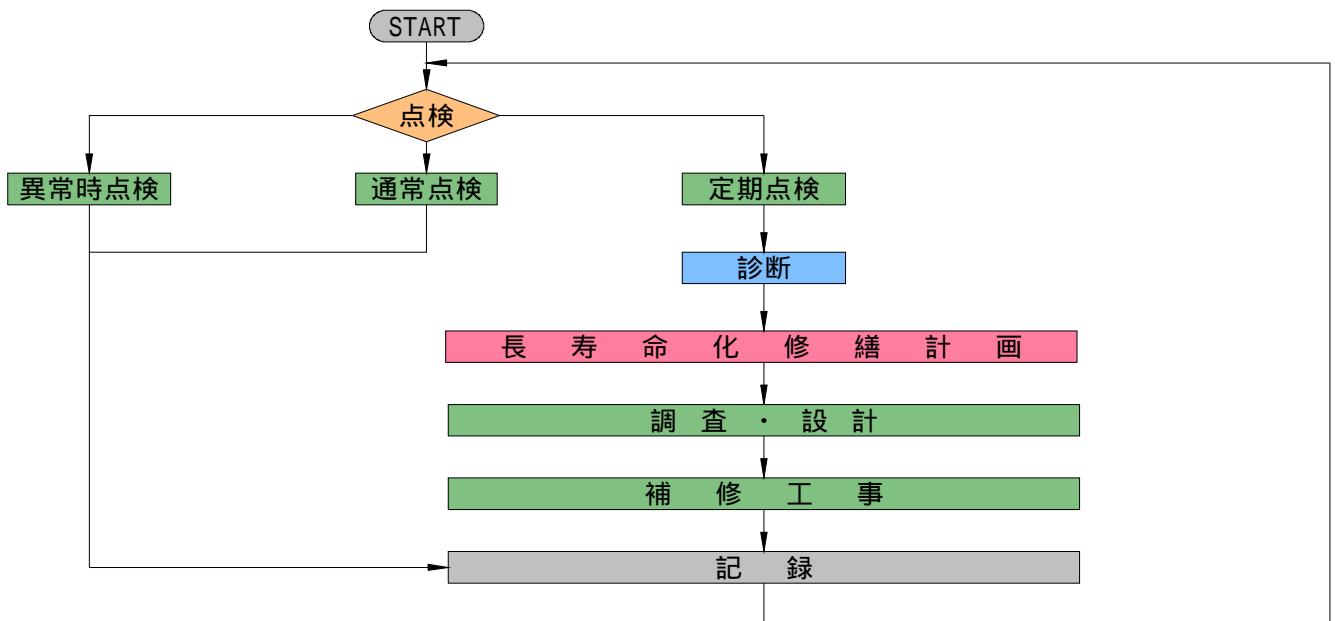
橋梁定期点検状況

1-4. 計画策定までの手順（フロー）

計画策定までの手順(フロー)を以下に示します。

計画の継続性と精度を高めるため、橋梁定期点検実施毎に計画の更新をしていくことを基本とします。

点検結果や修繕工事の実績を定期的に修繕計画に反映することで、劣化予測など、計画立案に必要な条件の精度を高めるとともに、つくったものを長持ちさせて大事に使う「ストック型社会」の意識向上に努めながら、計画を継続していきます。



計画サイクルイメージ図

計画更新時に見直しを実施する項目

橋梁点検結果の蓄積と新しく得られた知見に基づく劣化予測の見直し

新工法の採用

修繕実施後の効果（耐用年数）の検証

2. 維持管理方針の設定

2-1. 維持管理区分の定義

本市（道路管理者）は、河川、鉄道や高速道路を跨ぐ橋梁など、多様な橋梁を管理しています。本計画においては、部材ごとに維持管理手法を設定し、合理的な維持管理を実施します。

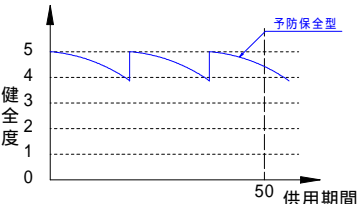
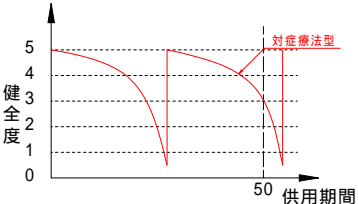
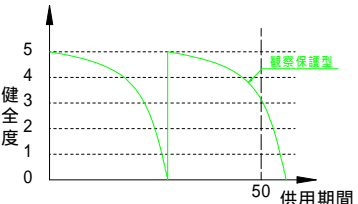
維持管理手法

橋梁の維持管理手法は、部材毎に『予防保全型』、『事後保全型』、『観察保全型』の3種類に大別し、以下の通り定義します。

表-管理手法の区分

維持管理手法	対応の特徴	機能低下の特性と適用可能な部位
予防保全型	劣化の程度に応じて最適な補修工法・時期を選択した上で機能維持の対応を図る。	機能低下(劣化)の進行を把握することが可能な部位。
事後保全型	機能低下が始まった後、機能不全に陥る前に迅速に機能維持の対応を図る。	機能低下(劣化)の進行は把握できないが機能低下が進行した時に前兆が見られる部位。
観察保全型	機能不全に陥った時に適切に機能維持の対応を図る。	(車両衝突など、外力により)突発的に機能不全に陥る部位。

表-管理手法の概要

	予防保全型	事後保全型	観察保全型
維持管理手法の概要	機能低下の進行が把握できる構造物に適用でき、機能低下の程度に応じて最適な補修工法・補修時期を選択した上で機能維持を図る。	機能低下の進行の把握が困難であり、その兆候が表面化した後に対策する構造物に適用し、機能不全に陥る前に迅速に機能維持を図る。	突発的又は、劣化の進行により機能不全に陥る構造物に適用し、機能不全に陥った際に適切に機能維持を図る。
維持修繕の対応方法	LCCが最小となる補修工法・時期を選択することが可能。	機能低下の兆候が発見された後に、補修工法を選択。	機能不全に陥るまで供用し、第三者被害の恐れが生じた場合に補修工法を選択。
機能低下時の延命処置	機能低下の進行を遅らせて延命化を図るため、荷重制限等の手段も可能。	機能低下の兆候後に詳細調査を実施して延命化について検討も可能。	機能不全に陥りながらも、第三者被害の恐れが小さい場合に限り延命化が可能。
機能低下と維持修繕の適用イメージ			
参考：部材等での分類	主桁、床版、下部工など	支承、伸縮装置、舗装など	地覆、高欄など

2-2. 判定区分の分類

徳島県橋梁定期点検マニュアル(案) Ver.4(平成26年7月)の改訂に伴い、定期点検において、部材単位での判定区分の把握と道路橋毎の判定区分の診断を行った上で以下の ~ 段階に分類することが義務付けられています。

表-判定区分の分類

判定区分		状態
	健全	構造物の機能に支障が生じていない状態
	予防保全段階	構造物の機能に支障は生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態
	早期措置段階	構造物の機能に支障を生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態
	緊急措置段階	構造物の機能に支障を生じている、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

2-3. 長寿命化修繕計画への反映方針

橋梁定期点検による判定区分結果を長寿命化修繕計画に反映する必要があり、以下の方針で反映するものとします。

表-長寿命化計画への適用方針

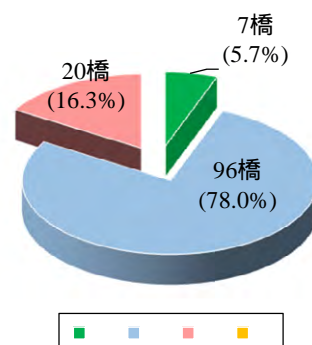
判定区分		適用方針
	健全	橋梁の損傷はほぼ確認されず、健全な状態にある。暫くは補修を実施する必要は無いため、 修繕計画開始後、10年間は補修工事を実施しないもの として計画する。但し、次回定期点検(5年サイクル)で損傷が発生していた場合には、適宜、計画を見直すこととする。
	予防保全段階	橋梁に軽微な損傷が確認されている状況にある。早急な補修は必要ではないため、長期的なLCCや橋梁の補修優先度等を考慮して、 予防保全的に補修工事を計画 する。
	早期措置段階	早期措置が必要な状況にあるため、早急に対策を実施する必要がある。よって、 次回点検までに補修工事を実施するもの として計画する。
IV	緊急措置段階	橋梁が極めて危険な状況にあるため、 至急、対策を実施する 必要がある。

2-4. 判定区分結果

橋梁定期点検結果より判定区分を診断した結果、全体123橋のうち、判定区分 **Ⅰ** の橋梁が7橋(5.7%)、判定区分 **Ⅱ** の橋梁が96橋(78.0%)、判定区分 **Ⅲ** の橋梁が20橋(16.3%)という結果となりました。

表-判定区分結果一覧表

判定区分	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
橋梁数	7	96	20	0
橋梁全体に占める割合(%)	5.7	78.0	16.3	0.0



判定区分 Ⅰ 健全な橋梁

構造物の機能に支障が生じていない状態暫くは補修を実施する必要は無いため、修繕計画開始後、10年間は補修工事を実施しないものとして計画します。

但し、次回定期点検(5年サイクル)で損傷が発生していた場合には、適宜、計画を見直すこととします。

本計画では、該当橋梁はありませんが次回更新時に該当した場合、随時見直します。)

判定区分 Ⅱ 予防保全段階

橋梁に軽微な損傷が確認されている状況にあり、早急な補修は必要ではないため、長期的なLCCや橋梁の補修優先度等を考慮して、予防保全的に補修工事を計画します。



赤谷橋



上曾江谷橋

判定区分 Ⅲ 早期措置段階

早期措置が必要な状況にあるため、早急に対策を実施する必要があり、次回点検までに補修工事を実施するものとして計画します。



新曾江谷橋



鍋倉橋

判定区分 Ⅳ 緊急措置段階

橋梁が極めて危険な状況にあるため、至急、対策を実施する必要があります。

本計画では、該当橋梁はありませんが次回更新時に該当した場合、随時見直します。)

3. 健全度の設定方法

健全度とは、点検結果をもとに橋梁の部材の健全性を表す指標のことです。健全度は、部材を劣化・損傷させる劣化機構ごとに設定します。

3-1. 劣化機構の設定

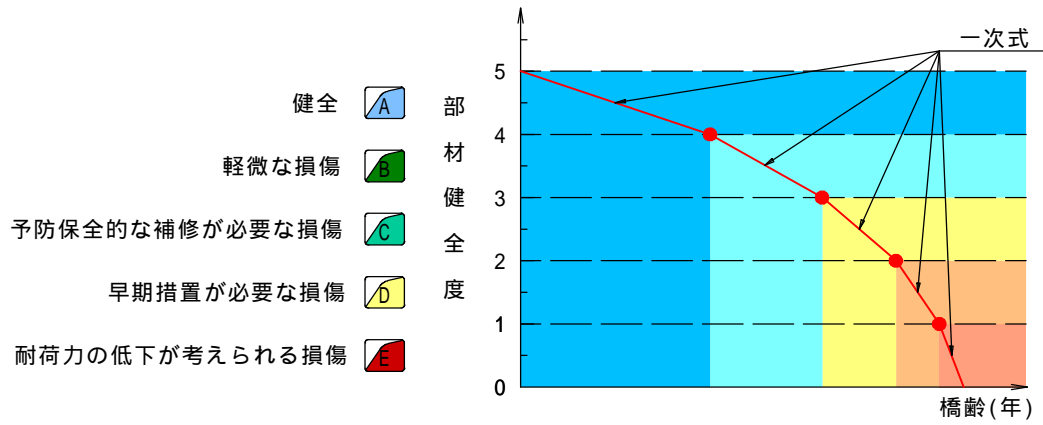
過年度の点検結果から、本市の橋梁において顕著な劣化機構を設定しました。抽出する劣化機構は、将来において進行性のあるものを本計画における劣化予測の対象とします。また、今後、定期点検時に下記以外の損傷が確認された場合は、計画更新時に対象としていきます。

表-各部材における劣化機構

部材		劣化機構					
		防食機能の劣化	疲労	塩害	中性化	ASR	経年劣化
鋼橋	上部工鋼部材	腐食	-	-	-	-	-
		亀裂の有無					
		ボルトの脱落					
		破断					
コンクリート床版	-	床版ひびわれ	-	海岸からの距離	混和材の種類 有効水結合材比	-	-
		抜け落ち					
		鉄筋露出					
コンクリート橋	主桁	-	-	海岸からの距離	混和材の種類 有効水結合材比	-	-
		床版	-	床版ひびわれ	-	-	-
	抜け落ち						
		鉄筋露出					
共通	下部工(RC)	-	-	海岸からの距離	混和材の種類 有効水結合材比	-	-
	下部工(鋼)	腐食	-	-	-	-	-
		亀裂の有無					
		ボルトの脱落					
		破断					
		下部工の変状					
	支承	-	-	-	-	-	支承の機能障害
	伸縮装置	-	-	-	-	-	路面の凹凸
	舗装	-	-	-	-	-	路面の凹凸
	防護柵(Co)	-	-	-	-	-	海岸からの距離
混和材の種類							
有効水結合材比							
防護柵(鋼製)	-	-	-	-	-	腐食	
						亀裂の有無	
						ボルトの脱落	
						破断	
防護柵(アルミ)	-	-	-	-	-	-	

3-2. 健全度の設定方法

部材毎の劣化予測を行うため、部材の健全性を定量的に判断する必要があることから健全度を設定します。健全度の区分は、『健全』から『軽微な損傷』、『予防保全的な補修が必要な損傷』、『早期措置が必要な損傷』、『耐荷力の低下が考えられる損傷』の5段階で設定しました。



4. 劣化予測手法

アセットマネジメントは将来の維持管理を効率よくかつ合理的に実施するために、補修時期・補修方法を適切に設定して維持管理費を最小とすることを目的としています。このためには損傷に対する健全度を予測した上で、適切な補修時期と補修方法を選定する必要があり、将来の健全度をいかに精度よく予測するかが課題となります。

4-1. 劣化予測手法

現在、劣化予測の手法としては、『(1) 寿命設定』、『(2) 劣化予測式(理論式)』、『(3) 点検結果の統計分析』、『(4) 遷移確率』があります。

本計画では、対象橋梁が123橋と少ないことから『(1) 寿命設定』、『(2) 劣化予測式(理論式)』を採用します。

表-劣化進行の予測手法一覧

手法	概要	特徴および課題	修繕計画に対する考察	対象部材
寿命設定	橋梁各部材毎に寿命を設定し、建設時点あるいは補修時点を「健全」、寿命時点を「要補修」段階として、予測直線または曲線を作成。	<ul style="list-style-type: none"> 個別橋梁の部材毎に補修時期が確定的に算定できる。 寿命設定の根拠付けが課題 寿命に至るまでの劣化進行速度の設定が課題。 	<ul style="list-style-type: none"> 各協会より統計的な手法により一般的な耐用年数が示されているため、劣化予測を行うことが可能です。 	鋼部材：防食機能の劣化 支承：経年劣化 伸縮装置：" 舗装：" 防護柵：防食機能の劣化
劣化予測式(理論式)	劣化メカニズムに応じた理論予測式を使用。(例)塩化物イオンの浸透速度の予測、中性化速度の予測、RC床版の疲労損傷速度の予測	<ul style="list-style-type: none"> 個別橋梁の部材毎に補修時期が確定的に算定できます。 予測式の理論根拠が明確です。 現時点では、理論的予測式を適用できる劣化要素が限定的です。 劣化予測のため調査データが必要です。 	<ul style="list-style-type: none"> 劣化予測式は理論的根拠が明確であるが、本補修計画においては点検のデータ数が少ないため、統計分析の採用が困難です。 	RC床版：疲労、塩害 RC部材：中性化塩害 PC部材：中性化塩害

5. 事業予測の手法

5-1. 事業費予測の基本的考え方

3. 維持管理方針の設定から4. 劣化予測手法までに設定した条件のもと、中長期的な橋梁の維持管理にかかる事業費を算出します。

本計画における『橋梁の維持管理に係る事業費』とは、計画期間内に必要となる『維持管理費(橋梁点検費を含み、架替費用を含まない)』です。

5-2. 評価単位の設定

事業費予測における事業費算出の単位は、橋梁点検における部材を評価した単位に基づき設定します。さらに、部材番号単位で設定した健全度より部材単位での健全度を算出します。この単位(評価単位)が本計画における修繕工事の実施単位となります。

表-評価方法参考

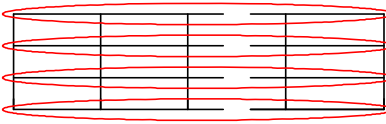
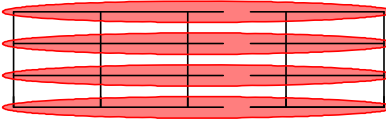
評価単位モデル図	点検結果			点検は、左図の部材ごとに損傷程度を評価します。
	健全度評価区分		平均値 (3.75)	健全度は全部材の平均値として評価します。

表-健全度の点数化一覧表

健全度	A	B	C	D	E
損傷度	a	b	c	d	e
点数	4.5	3.5	2.5	1.5	0.5

5-3. 平準化と優先順位評価

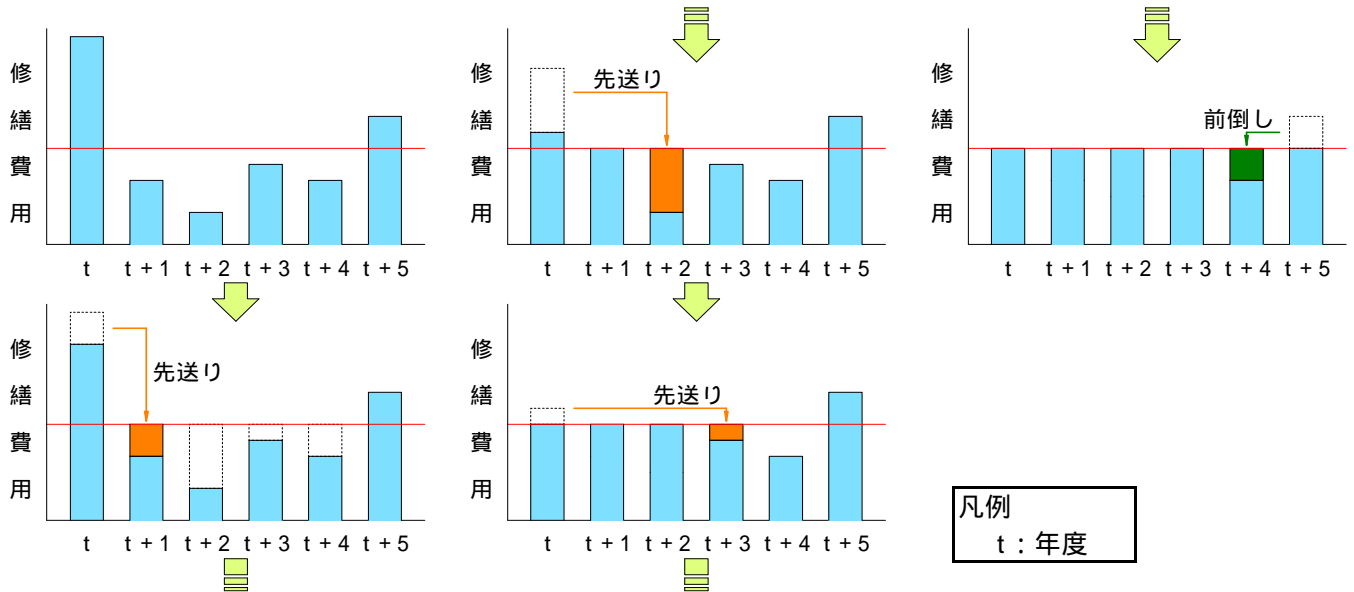
将来事業費を算出した場合、年度ごとで必要となる事業費にバラつきが生じます。

橋梁を維持管理していく予算は限られていることから、本計画より実行性のあるものとしていくために、予算制約を設けたうえ、事業費を平準化していく必要があります。

また、平準化にあたっては、修繕を実施する際の優先度を決定しなければならないことから、平準化の手法と優先度を評価する手法を設定します。

(1) 平準化イメージ図

事業費を平準化するまでのフローを以下のとおり設定します。



(2) 優先度評価手法

補修の優先順位の設定は、路線の重要性、補修工事への影響、橋としての性能、代替路、住民への影響、交通量、第三者への影響、健全性から決まる「諸元重要度」、および損傷の進行性、損傷部位の重要性から決まる「総合評価値」により決定するものとします。

その総合的な判断のイメージを下図に示す。重要度の高い橋梁に発生した、重要度の高い損傷を最優先し、修繕対策を行っていくものとします。

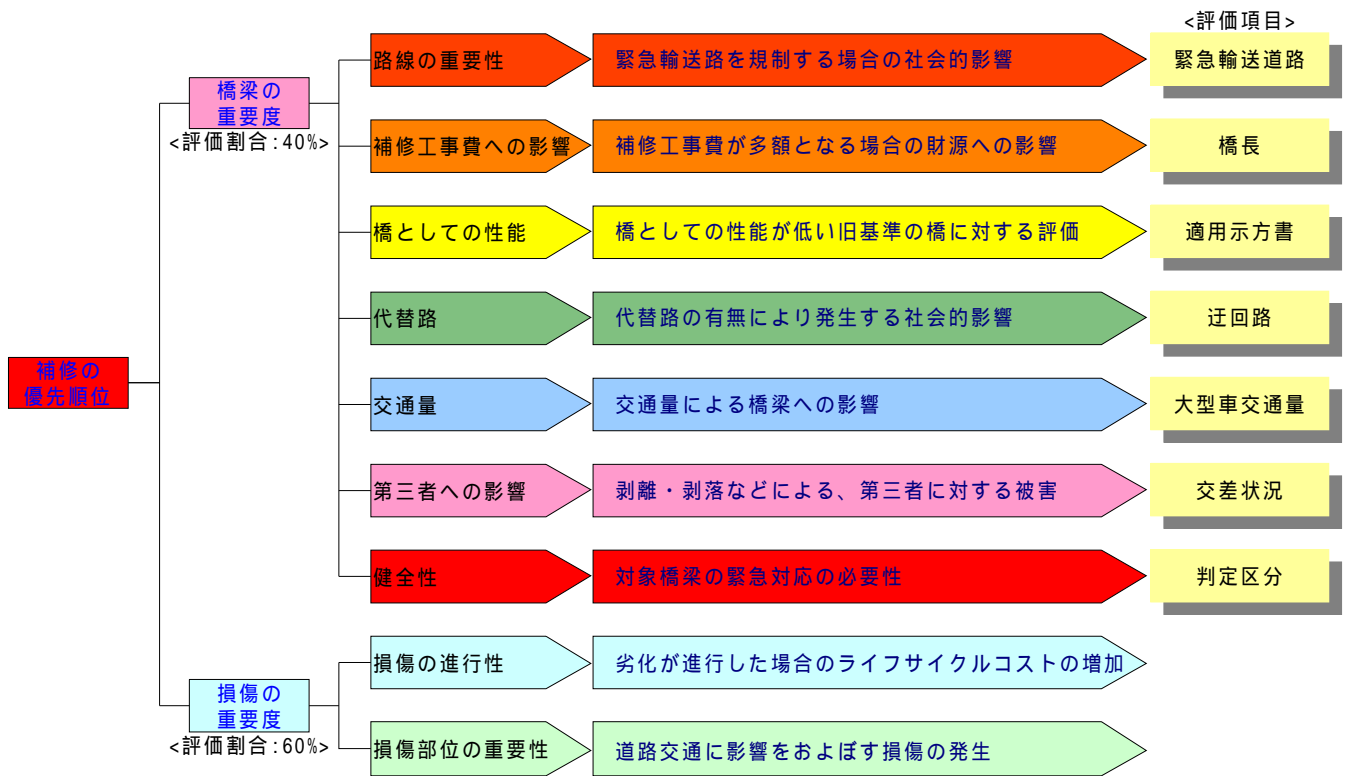


図-対策優先度一覧

優先順位の決定においては、諸元重要度を40%、総合評価値を60%評価した値の合計とします。これは橋梁の健全性の確保を優先したためである。

$$\text{評価値} = \quad \times \text{諸元重要度} + (1 - \quad) \times \text{総合評価値} = 0.4 \text{とします。}$$

6. 修繕計画による効果

6-1. 将来事業費予測

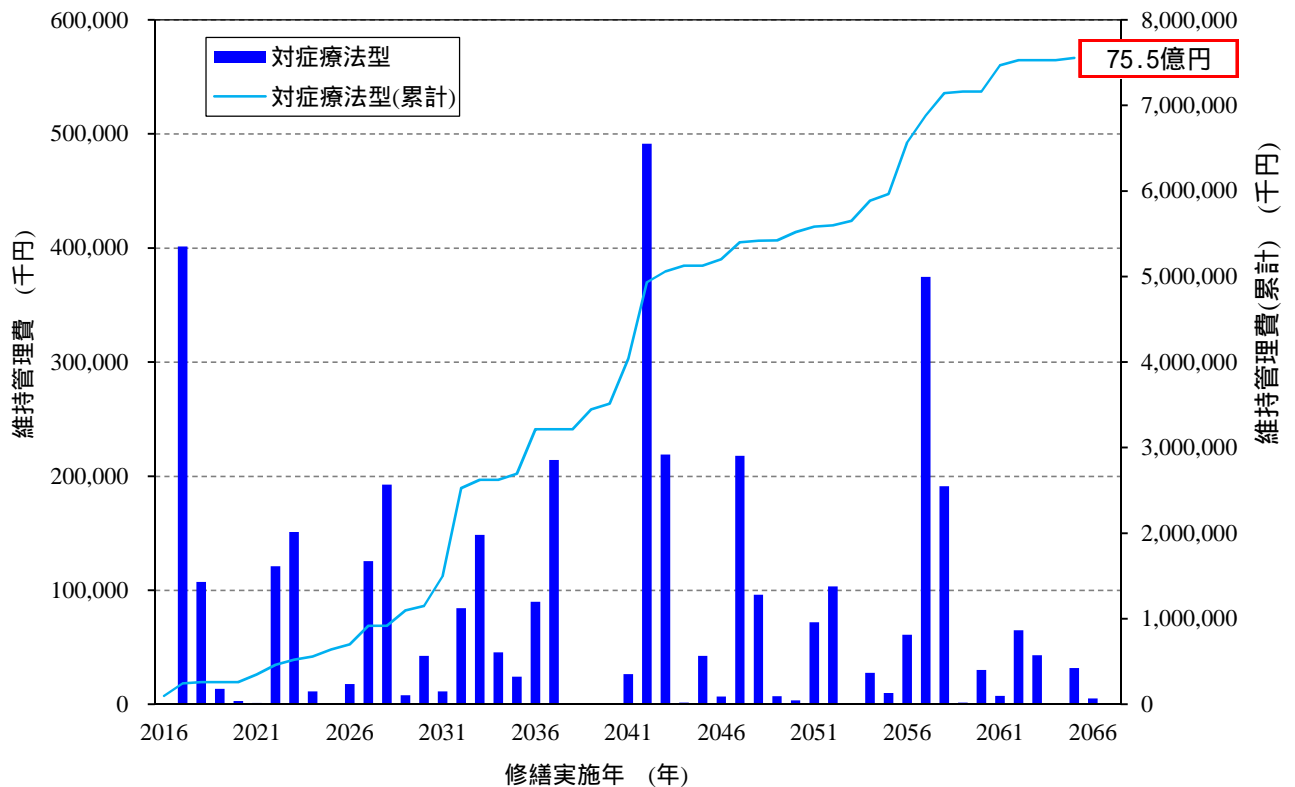
(1) 対症療法的な維持管理を継続した場合の維持管理費予測

対症療法的な維持管理を継続した場合の事業費予測を示します。
対症療法的な維持管理とは、点検や橋面などの修繕を実施し安全を確保しながら、損傷が深刻化した段階で行う維持管理手法です。

本市の場合、架設年が1970年代、1990年代に多く見られることから計画初年度の2016年に第一次ピークを迎え、2042年に第二次ピークを迎えます。

今後50年間の維持管理費はおよそ75.5億円となります。

対症療法的な維持管理を継続した場合の維持管理費予測



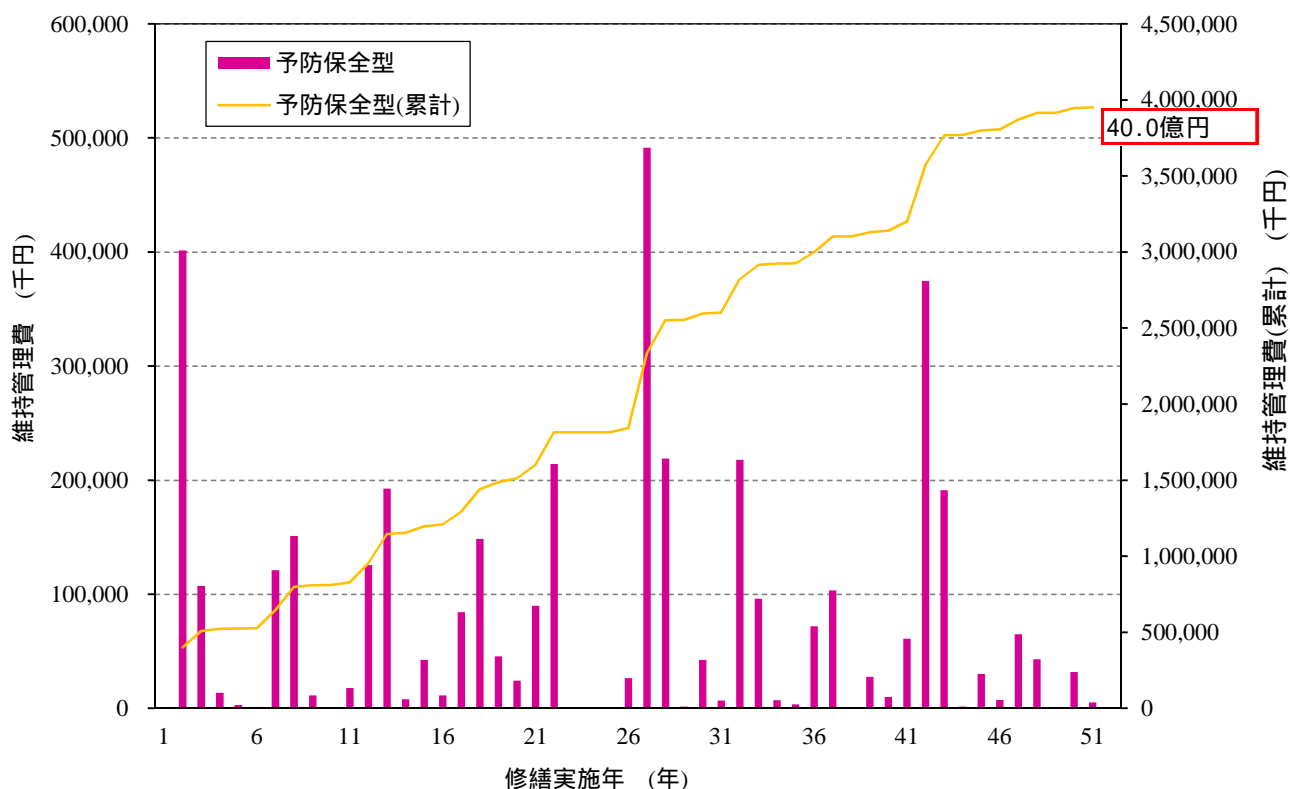
数値は平成28年度策定123橋分の試算結果であり、今後の事業費を確約するものではありません。
架替費用は含みません。

(2) 予防保全的な維持管理に転換した場合の事業費予測

予防保全的な維持管理に転換した場合の事業費予測を示します。
 予防保全的な維持管理とは、定期点検結果を基に損傷が小さいうちに計画的に修繕を実施する維持管理手法です。

計画当初に現状の損傷が確認されている橋梁の修繕を実施する必要があることなどから一定の期間毎に維持管理費が集中し、年度間にバラツキが生じますが、今後50年間の維持管理費はおよそ40.0億円となります。

予防保全的な維持管理に転換した場合の維持管理費予測



数値は平成28年度策定123橋分の試算結果であり、今後の事業費を確約するものではありません。
 架替費用は含みません。

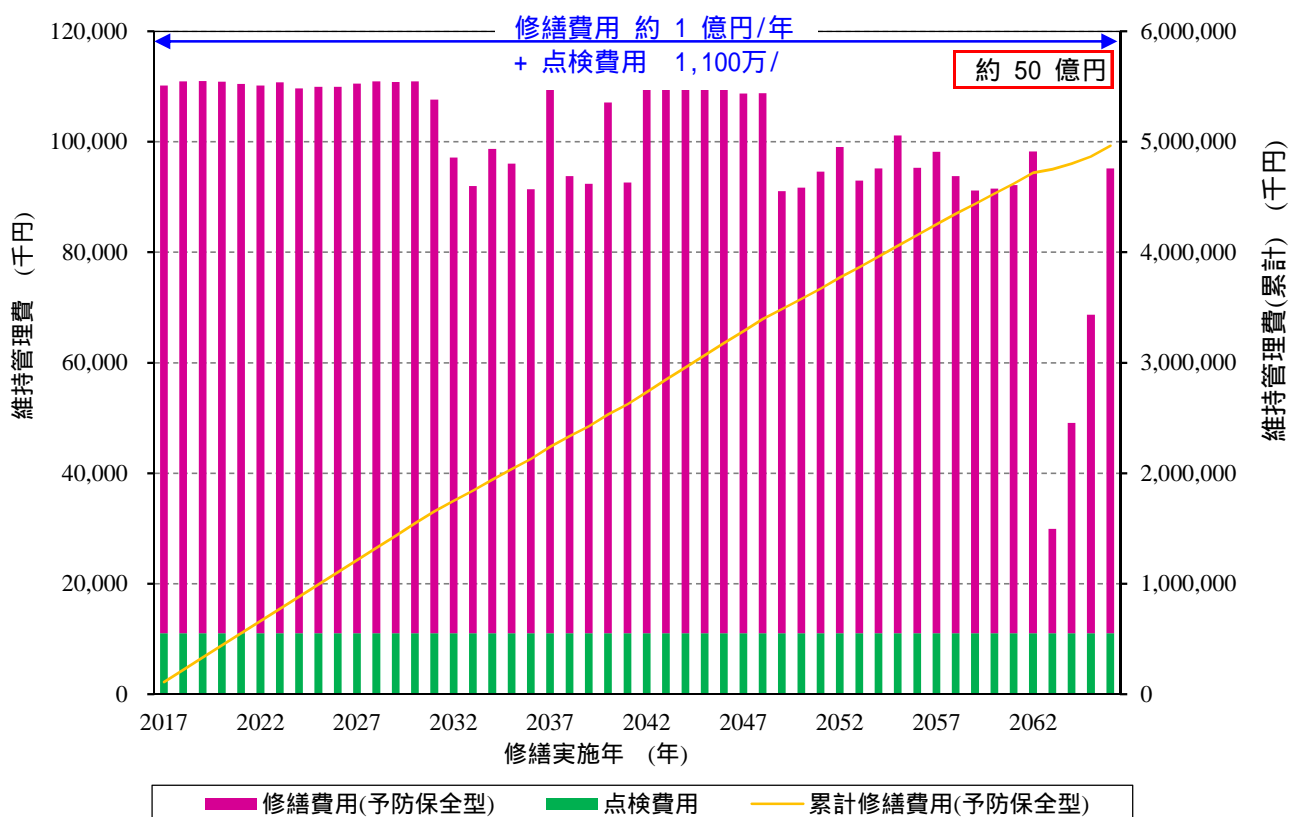
(3) 維持管理費の平準化

予防保全型に転換しただけでは年度間の予算にバラツキが生じ、修繕の実施が困難となります。

そこで、より実効性のある計画とするため、予算制約を設け年度毎に必要な事業費を算出し、平準化した場合の事業費予測を示します。

平準化にあたっては、5-3 平準化と優先度評価により行い、一定の期間で予算制約を設け、使用制限を行う橋梁が発生しないよう対策を実施しました。

50年間で約45億円となります。

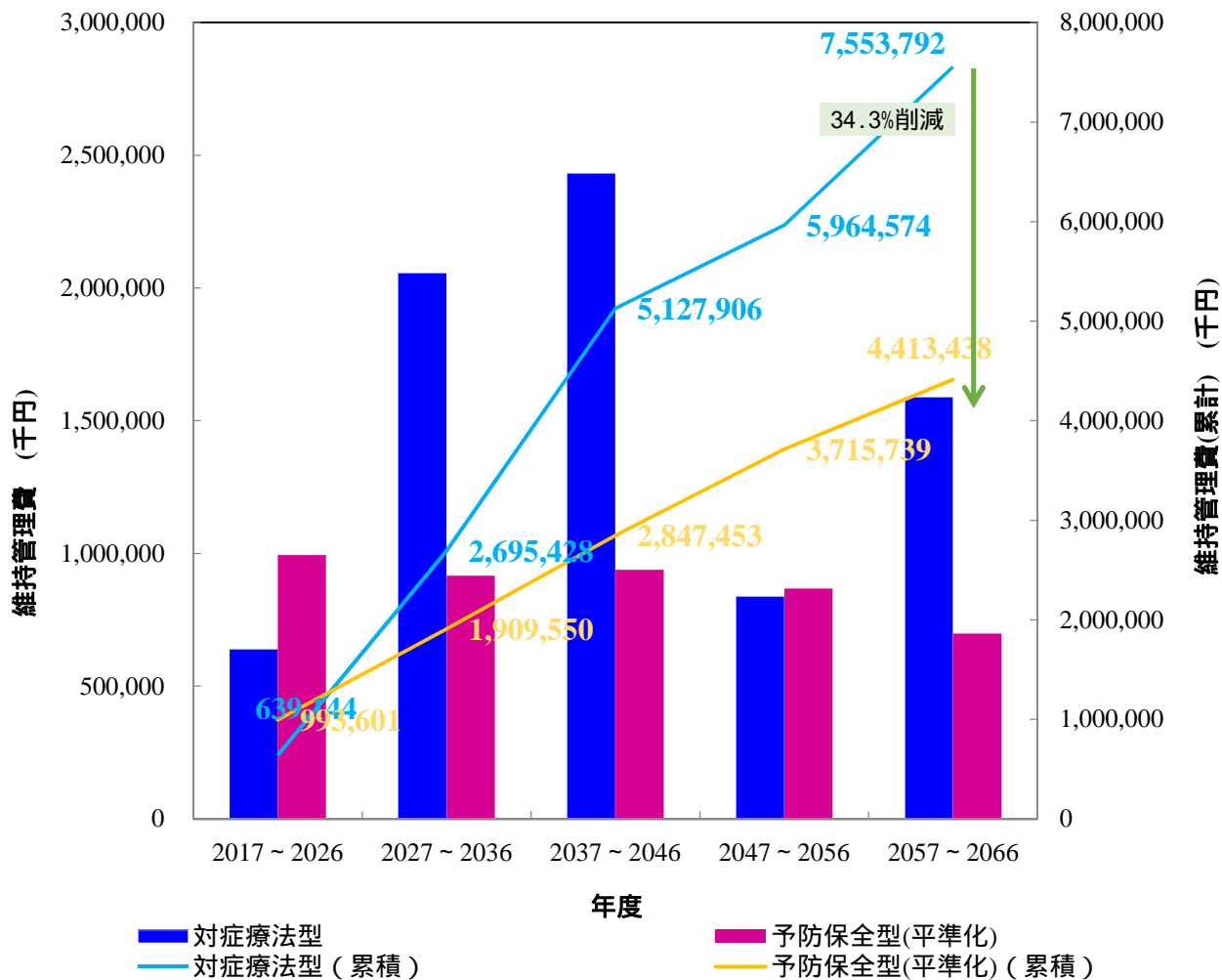


数値は平成28年度策定123橋分の試算結果であり、今後の事業費を確約するものではありません。
架替費用は含みません。

点検費用として年間1,000万円を見込んでいます。

(4) 予防保全的な維持管理に転換することによるコスト縮減効果

対症療法的な維持管理手法から予防保全的維持管理手法に転換し、予算の平準化を実施することで、50年間で約34.3%(約26億円)削減を図ることが可能となります。



数値は平成28年度策定123橋分の試算結果であり、今後の事業費を確約するものではありません。
架替費用は含みません。
予防保全型に転換することによる効果を検証するため、点検費は含んでいません。