

第2次薩摩川内市橋梁長寿命化修繕計画



令和2年3月（令和4年12月更新）

薩摩川内市 道路河川課

< 目 次 >

1.	修繕計画見直しに至る経緯.....	1
1.1	近年の橋梁維持管理事業の動向.....	1
1.2	点検手法・修繕計画の見直し.....	2
2.	薩摩川内市の橋梁の現状.....	3
2.1	薩摩川内市の近況.....	3
2.2	薩摩川内市管理橋梁の現状.....	3
3.	長寿命化のための取組み.....	10
3.1	維持管理の基本方針.....	10
3.2	アセットマネジメントシステム.....	11
3.3	点検実施状況.....	12
3.4	薩摩川内市の今後の橋梁の維持管理.....	13
4.	橋梁長寿命化修繕計画の策定.....	14
4.1	橋梁長寿命化修繕計画策定の流れ.....	14
4.2	損傷の評価（損傷等級）.....	15
4.3	健全性診断（判定区分）.....	16
4.4	劣化予測.....	17
4.5	修繕時期.....	21
4.6	整備橋梁の優先順位.....	22
4.7	対策工法.....	26
4.8	ライフサイクルコストの算定.....	27
4.9	橋梁長寿命化修繕計画の策定.....	28
4.10	新技術等の活用方針.....	33
4.11	費用の縮減に関する具体的な方針.....	33
5.	橋梁長寿命化修繕計画の効果.....	34
6.	事後評価.....	35
7.	意見を頂いた学識経験者.....	36
	○個別計画一覧表.....	37

表紙の橋梁名



石橋：笹野橋（1903年 薩摩川内市東郷町）



コンクリート橋：西之原橋（2012年 薩摩川内市樋脇町）



鋼橋：川内河口大橋（1981年 薩摩川内市港町）

1. 修繕計画見直しに至る経緯

1.1 近年の橋梁維持管理事業の動向

薩摩川内市が管理する橋梁は、令和2年3月末時点で809橋と、鹿児島県内の市町村で最も多い橋梁を保有している。これらの橋梁は高度経済成長期（昭和30年代）に架設されたものが大半であるため、今後橋梁の高齢化が進むにつれ維持管理費や更新費が増大するとともに、同時期にこれらの費用が集中することが予想され、本市にとって多大な財政負担となることが懸念されている。

よって、本市は橋梁の維持管理に関して、実際に損傷が大きくなってから修繕や更新を行う「事後保全型修繕」から、点検を適切に行い橋の損傷状態を定期的に把握することにより、損傷が小さい段階で修繕することで橋梁の長寿命化を図るという方針に変換し、平成26年度に「建設から維持管理に至る橋のライフサイクルを考慮した予防保全的な修繕」による『(第1次)橋梁長寿命化修繕計画』を策定し、平成26年度以降「予防保全型修繕」の橋梁維持管理事業を実施し、長期的な視点で橋梁を維持管理することにより、ライフサイクルコストの縮減を行っている。

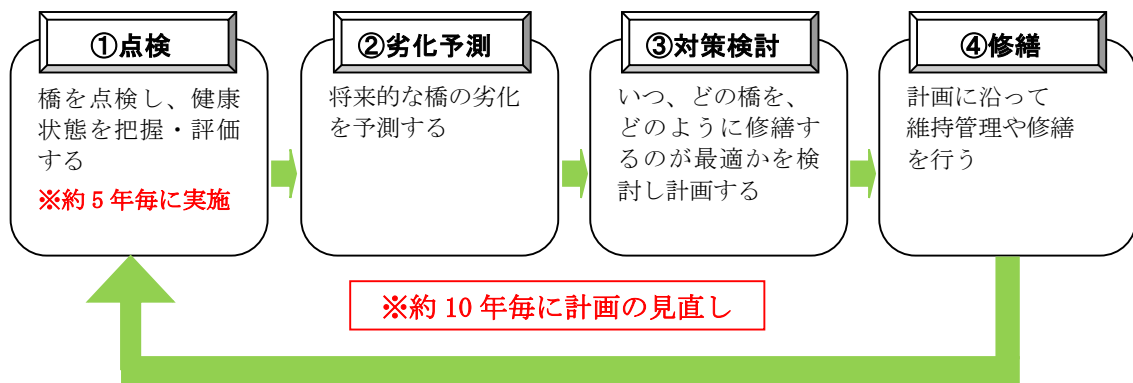


図 1.1.1 長寿命化修繕計画の大まかな流れ

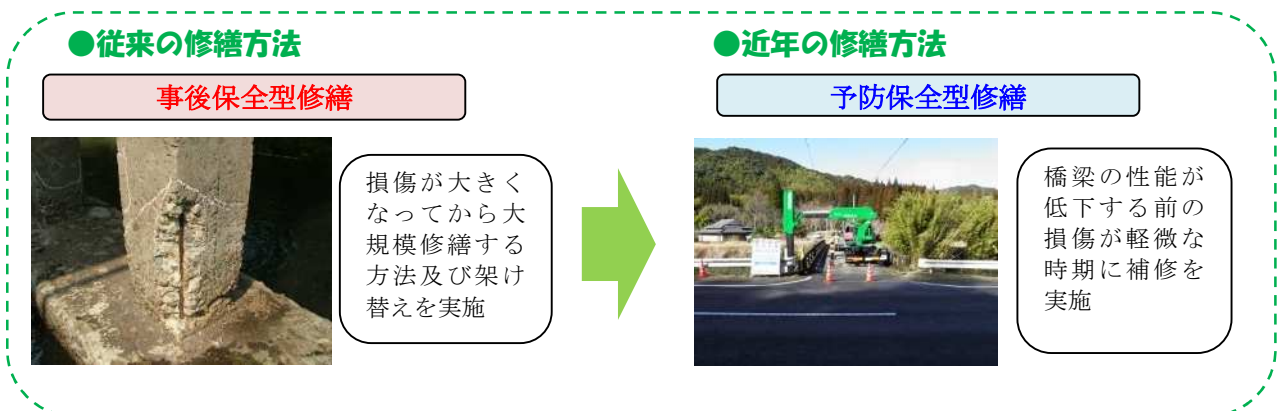


図 1.1.2 長寿命化修繕計画とこれまでの維持管理との違い

表 1.1.1 これまでの薩摩川内市の橋梁維持管理事業の動向（令和 2 年 3 月末時点）

橋梁点検	実施時期	対象橋梁数	実施内容
第 1 回	平成 21 年度～平成 24 年度	802 橋	概略点検：802 橋 詳細点検：136 橋
第 2 回	平成 26 年度～平成 30 年度	806 橋	詳細点検：806 橋 設計 23 橋 修繕 14 橋
第 3 回	令和元年度～令和 5 年度	809 橋	詳細点検：809 橋（予定）

※ 橋梁数の差違は、供用不可による廃止や構造的な違いによる橋梁の分類による。

1.2 点検手法・修繕計画の見直し

平成 26 年 3 月策定時の（第 1 次）薩摩川内市橋梁長寿命化修繕計画は、当時薩摩川内市が管理する橋梁 802 橋について、従来の点検手法（概略点検及び一部詳細点検（概略点検で健全度が 60 点に満たない橋梁を対象：全橋梁中 17%程度（136 橋）実施）の結果を元に劣化曲線を設定し、長寿命化計画を策定したものである。しかし、平成 25 年の「道路法等の一部を改正する法律」等により、近接目視による点検が義務付けられ、本市においても平成 26 年度から平成 30 年度の間で近接目視による詳細点検を全橋梁について実施・完了させたところである。

前述のように、長寿命化修繕計画は 5 年毎の定期点検を 2 回経て、その点検結果を元に 10 年毎に計画の見直しを行うことを標準としている。今回は（第 1 次）薩摩川内市橋梁長寿命化修繕計画策定から 5 年しか経過していないが、点検手法が変わったことにより前回より精度が高い点検結果が得られたことと、損傷等級の算定手法にも見直しがあったことから、この段階（令和元年度）において長寿命化修繕計画の見直しを行うこととなった。

2. 薩摩川内市の橋梁の現状

2.1 薩摩川内市の近況

薩摩川内市は、薩摩半島の北西部に位置し、北側は阿久根市、出水市、さつま町、東側は始良市、南側はいちき串木野市、日置市、鹿児島市と接し、西側は東シナ海に面する本土区域と、上甑島、中甑島、下甑島で構成される甑島区域で構成される。

薩摩川内市は、平成 16 年 10 月に旧 1 市 4 町 4 村（川内市、樋脇町、入来町、東郷町、祁答院町、里村、上甑村、下甑村、鹿島村）の合併で誕生し、令和元年 10 月現在で、鹿児島市、霧島市、鹿屋市に次いで人口（93,009 人）が多い都市である。

薩摩川内市の交通の利便性については、九州新幹線の停車駅である川内駅があるため福岡、関西方面への高速アクセスが可能となっており、また、南九州西回り自動車道においては、平成 27 年 3 月に薩摩川内高江 IC～薩摩川内都 IC が供用開始され、薩摩川内水引 IC～終点である鹿児島市の鹿児島 IC が開通し、薩摩川内市～鹿児島市街地のアクセスの利便性が向上している。なお、南九州西回り自動車道阿久根川内道路（阿久根 IC～薩摩川内水引 IC）についても平成 27 年度に事業化され、将来的な交通利便性の向上が更に見込まれているところである。

2.2 薩摩川内市管理橋梁の現状

薩摩川内市は、川内(本庁)、樋脇、入来、東郷、祁答院、里、上甑、下甑、鹿島の 9 つの地域(支所)に分類され、現在、橋梁の管理は本庁にて行っている。

薩摩川内市が管理する橋梁は 809 橋あり、このうち高度経済成長期にあたる 1960 年代に多くの橋梁(189 橋)が架設されている。また 9 地域のうち、川内地域に全体の 52%にあたる 418 橋が架設されている。

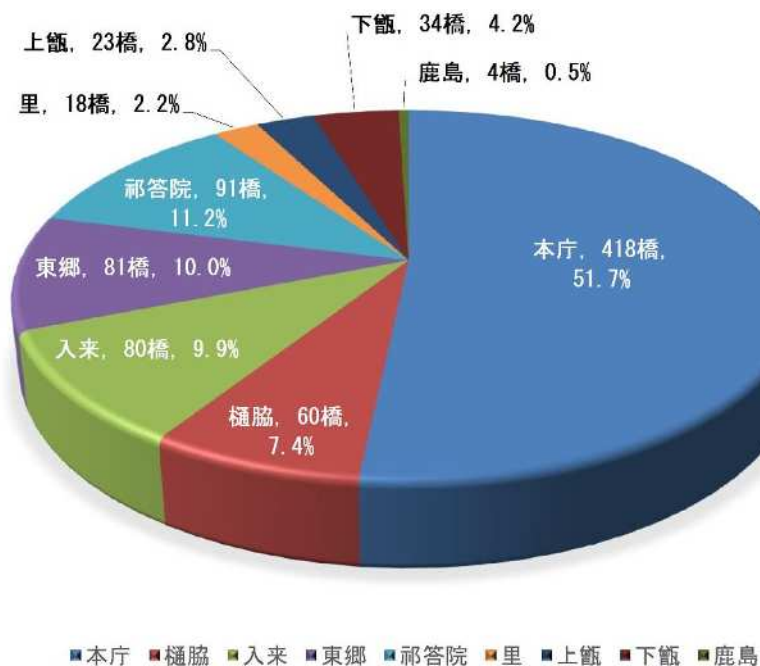


図 2.2.1 地域別橋梁数

薩摩川内市が管理する橋梁を材料別で分類すると、コンクリート橋(RC橋+PC橋+混合橋)は93.0%の752橋、鋼橋は5.6%の45橋、石橋は1.5%の12橋となっている。また、コンクリート橋についてさらに詳細に分類すると、全体の54.0%の436橋がRC橋と36.1%の292橋がPC橋となっている。

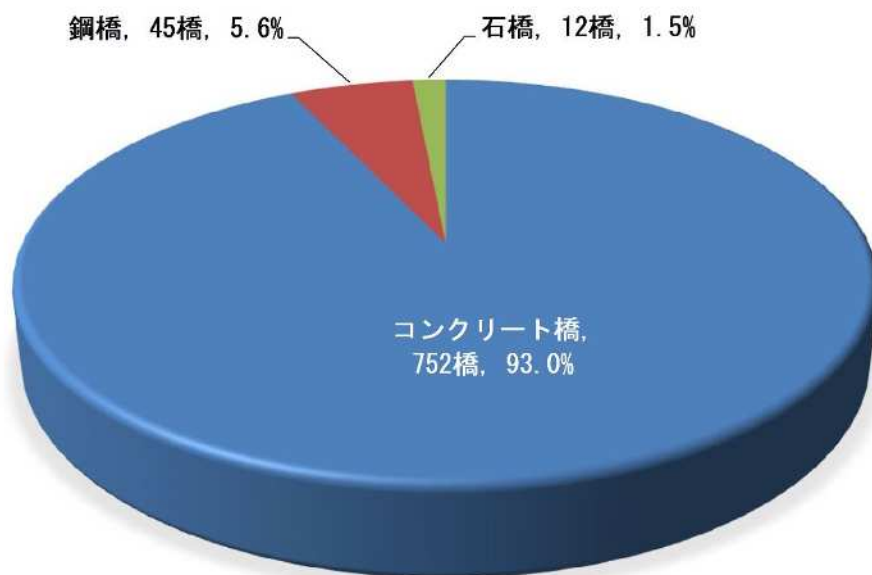


図 2.2.2 材料別橋梁割合

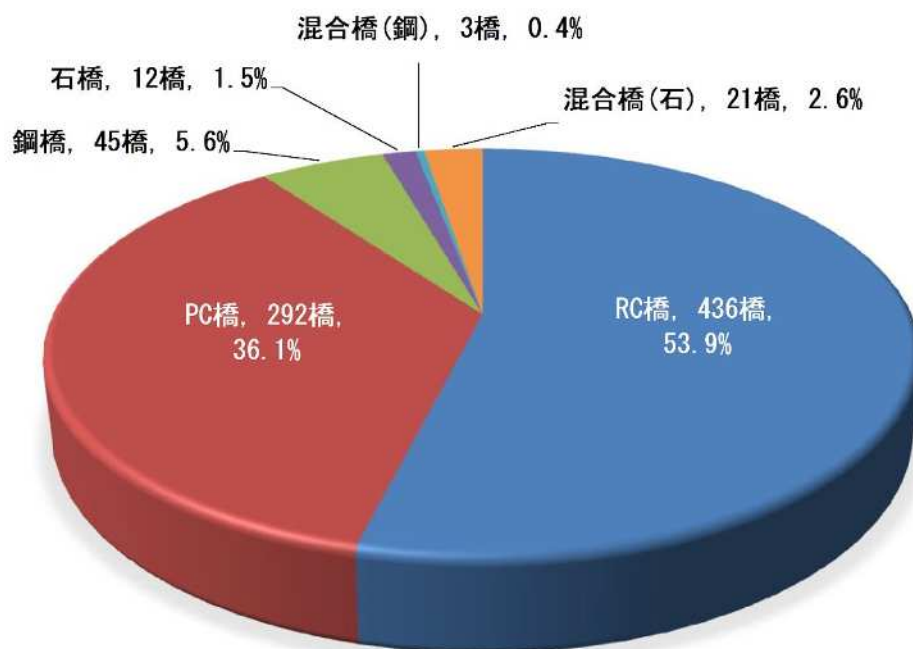


図 2.2.3 橋種別橋梁割合

橋長別では、15m 未満の橋梁が全体の 77%(626 橋)と最も多く、15m～50m 未満の橋梁が 20%(158 橋)、50m～100m 未満が 2%(18 橋)、100m 以上が 1%(7 橋)となっている。また、全橋梁の約半数(416 橋)が 15m 未満の RC 橋となっている。

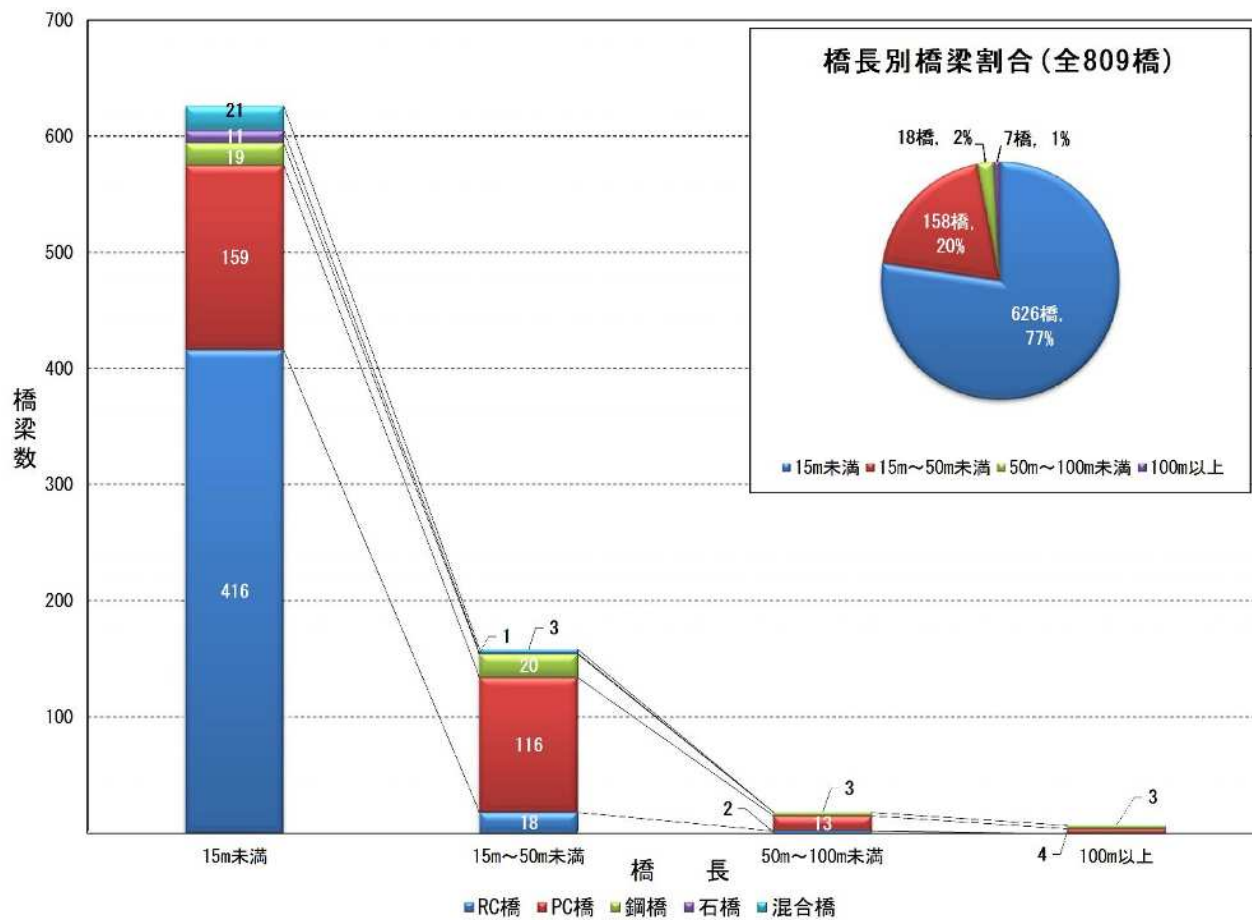


図 2. 2. 4 橋長別橋梁割合

一般的に橋梁の寿命は50年程度（コンクリート橋60年、鋼橋45年）といわれており、令和2年3月末時点で架設後50年を経過している橋梁は全体の44.5%（360橋）ある。さらに20年後には、全体の79.4%にあたる642橋が架設後50年を経過することから、今後大規模な修繕や架け替えが同時期に発生する可能性が高く、これらの修繕費用や架け替え費用が多大な財政負担となることが懸念されている。

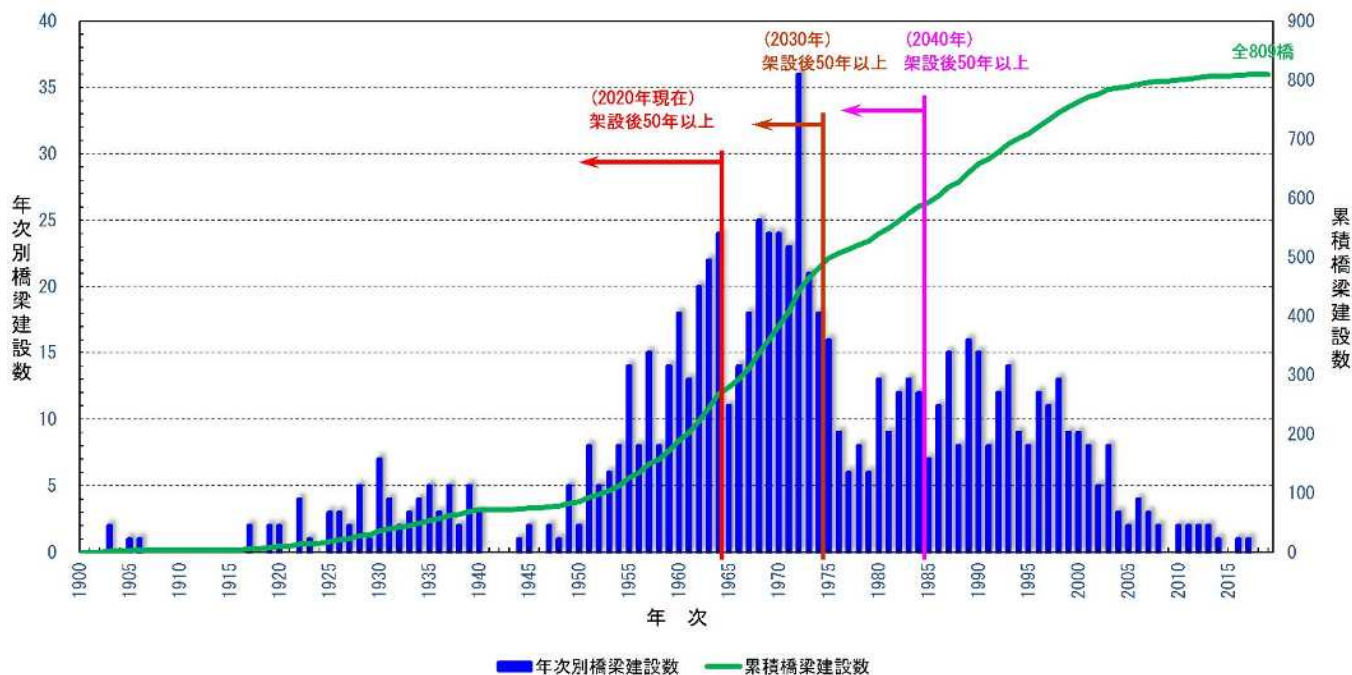


図 2.2.5 管理橋梁の架設年代

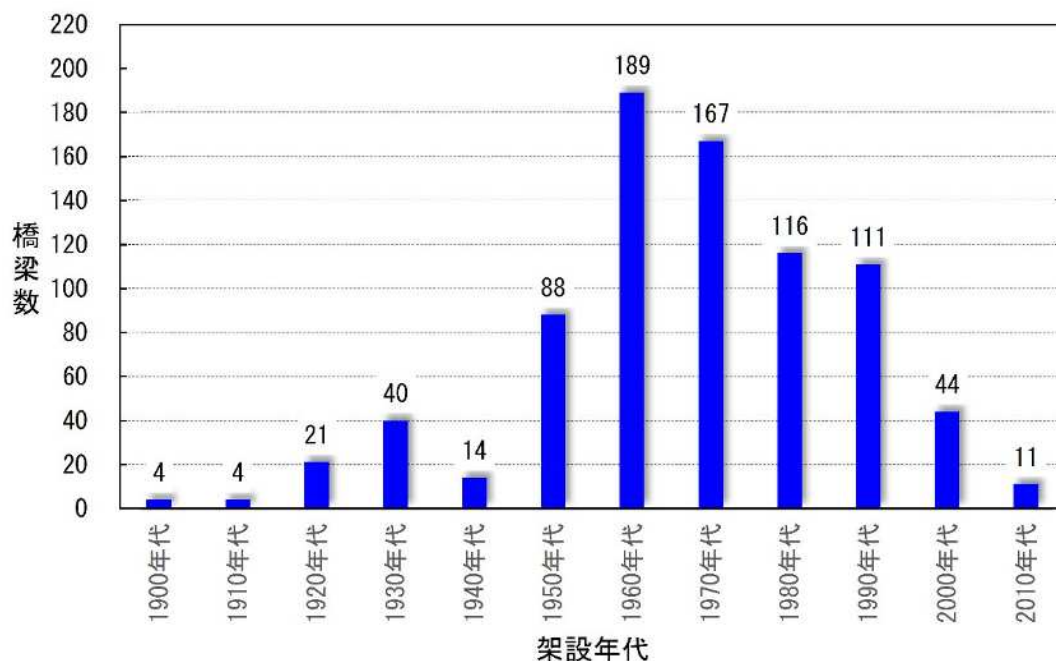


図 2.2.6 架設年代別橋梁数

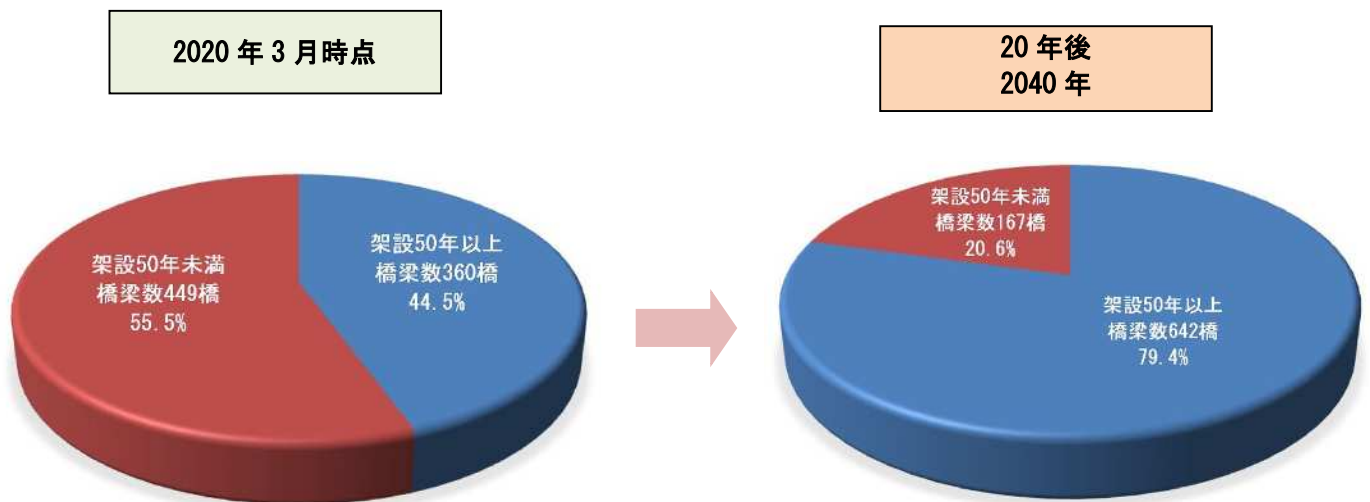


図 2.2.7 架設後 50 年以上の橋梁の推移

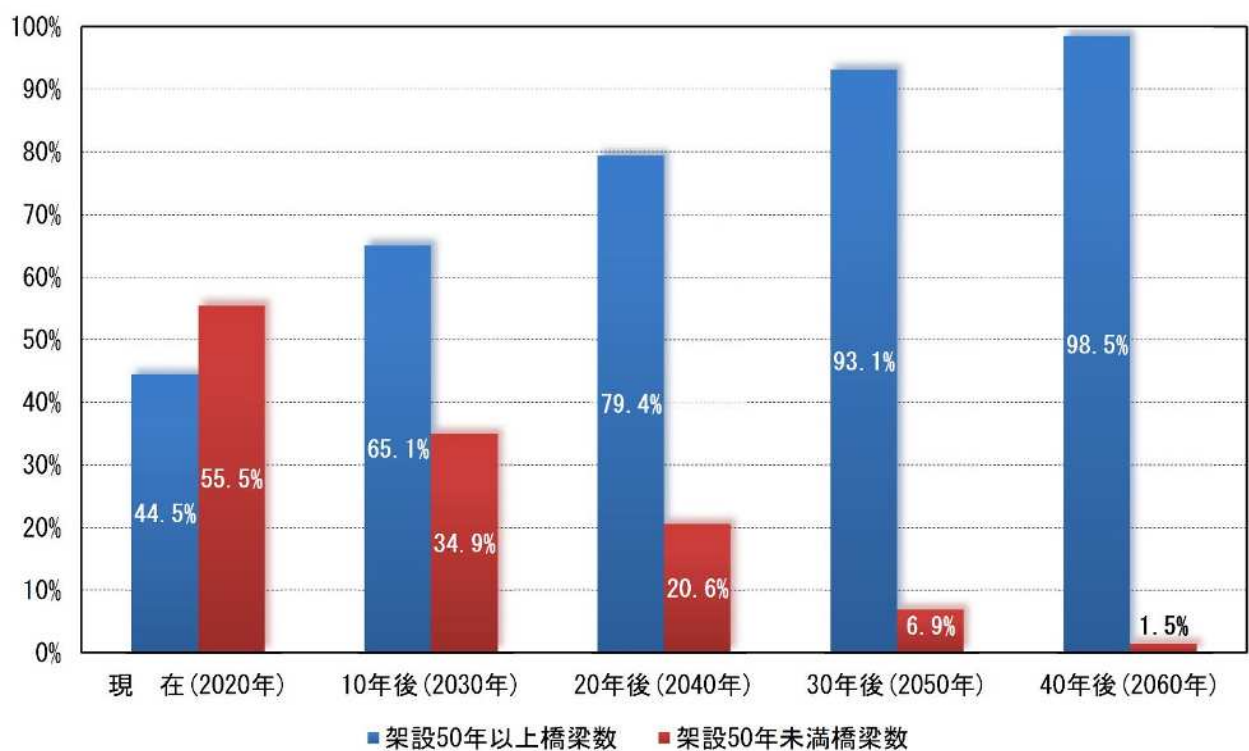


図 2.2.8 架設後 50 年以上の橋梁の割合

架橋環境条件別では、一般環境地域の橋梁が 89.2%（722 橋）、塩害環境地域の橋梁が 10.8%（87 橋）であり、里、上甌、下甌、鹿島の甌島地域の橋梁は全て塩害環境下に架橋されている。



図 2.2.9 架橋環境条件別橋梁の数（割合）

一方、平成 26 年度～平成 30 年度に実施された橋梁点検による健全性（判定区分）の診断結果では、I（健全）と診断された橋梁は 34.7%（280 橋）、II（予防保全段階）の橋梁は 53.8%（436 橋）、III（早期措置段階）の橋梁が 11.4%（92 橋）、IV（緊急措置段階）の橋梁が 0.1%（1 橋）と 88.5%が構造物の機能に支障が軽微か生じていない状況である。

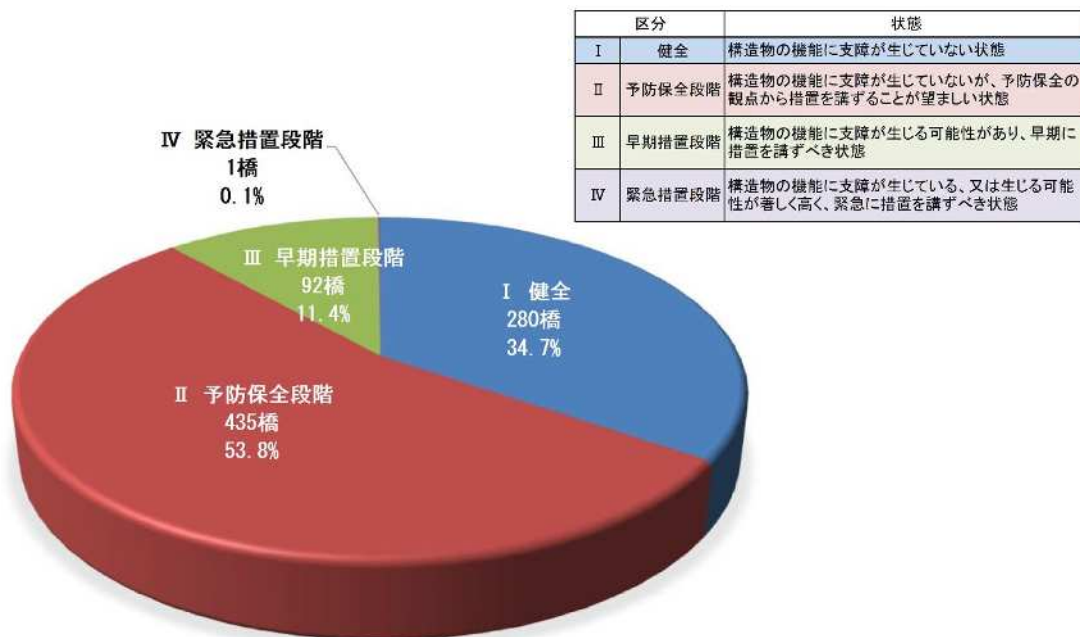


図 2.2.10 判定区分（健全性の診断）別橋梁数

※ 判定区分（健全性の診断）の考え方については、4.3 に詳細を記載。

橋種別、架設年度別の判定区分は下図のような状況である。

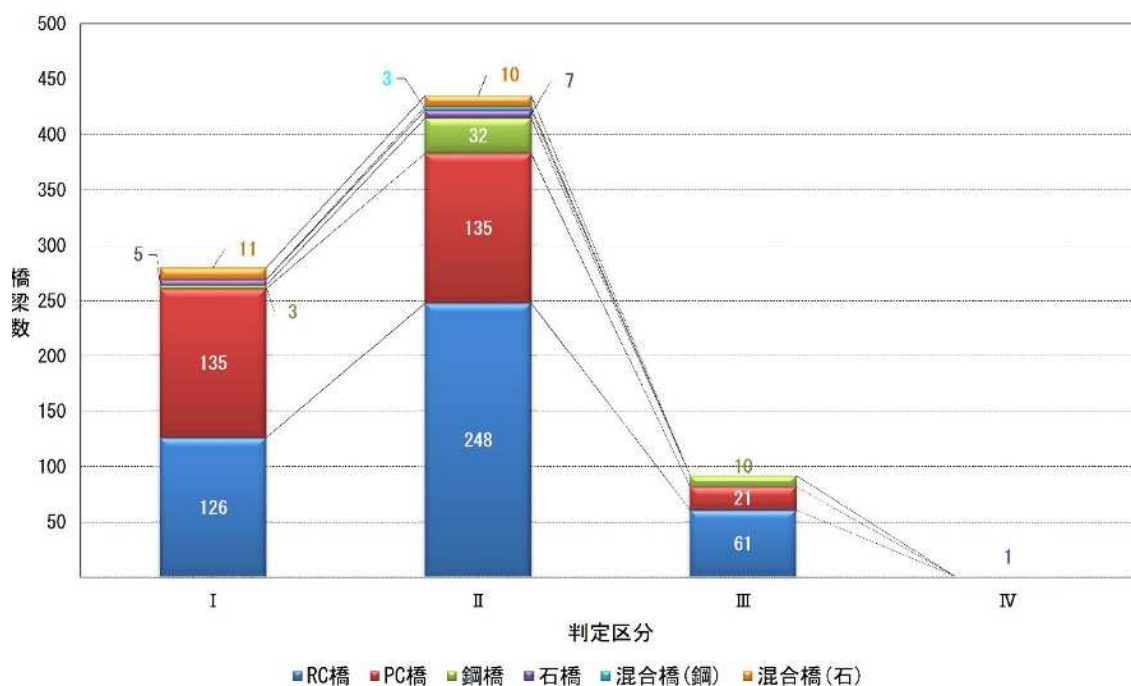


図 2.2.11 橋種別判定区分（健全性の診断）橋梁数

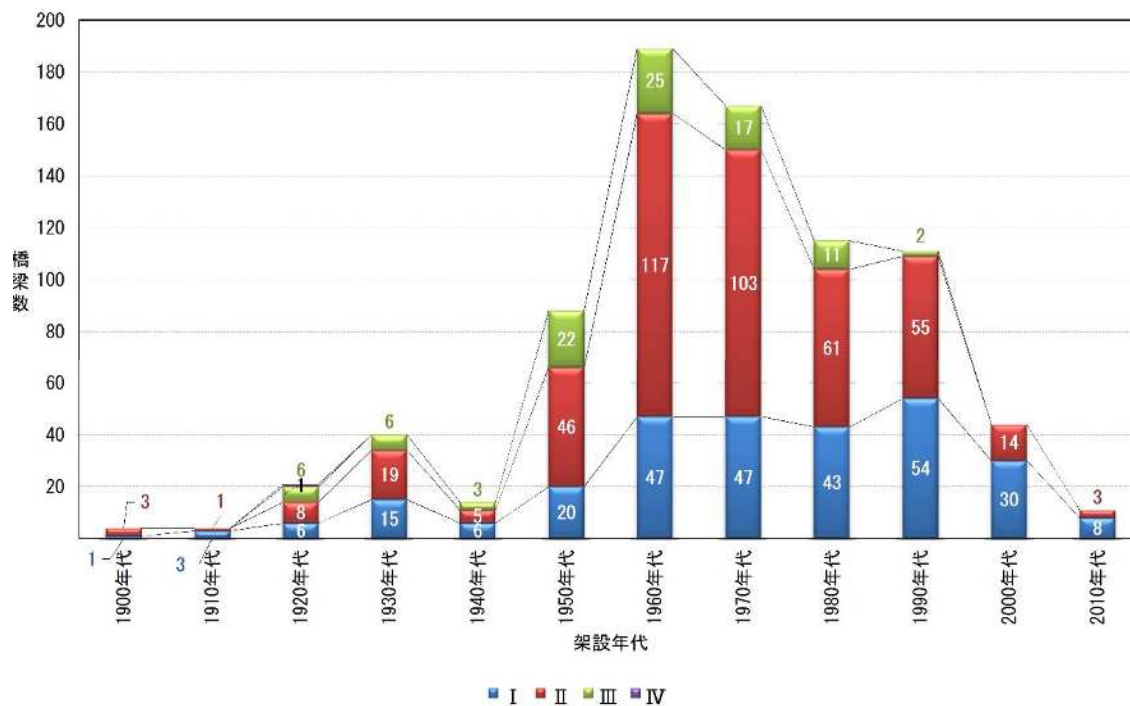


図 2.2.12 架設年代別判定区分（健全性の診断）橋梁数

3. 長寿命化のための取組み

3.1 維持管理の基本方針

〈 基本方針 〉

薩摩川内市の橋梁管理は、建設段階から維持管理に至るトータル的なライフサイクルを見越した「**予防保全型修繕**」とすることを基本方針とし、より効果的・経済的な橋梁の維持管理を目指す。

長寿命化修繕計画策定時（平成 25 年度）以前は、事後保全型修繕及び架替え（更新）を実施していたが、橋梁の長寿命化及び橋梁の修繕等に係る費用の縮減を図るため、**予防保全的修繕***及び計画的な架替え（更新）へと政策転換を図っている。

このためには、現状の評価、将来の予測とそれらのデータベース化、蓄積されたデータに基づく分析および管理計画を体系立てて実施する必要があることから、「アセットマネジメントシステム」の構築を図る。

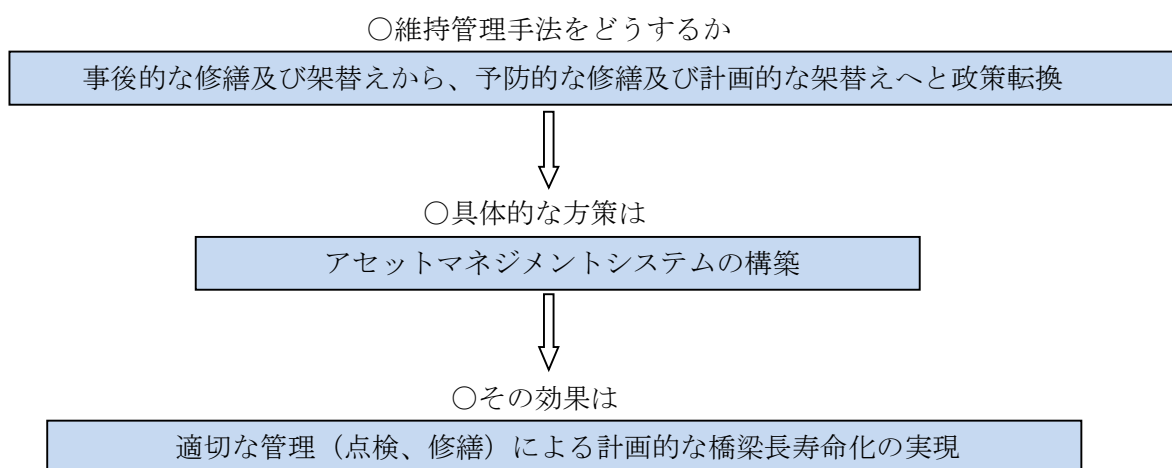


図 3.1.1 アセットマネジメントシステム構築の目的

※「**予防保全型修繕**」とは

「**予防保全型修繕**」の定義は、以下のとおりとする。

- ① コンクリート桁の塩害に対する予防保全に対しては、劣化が顕在化する前（ひび割れ等の発生が見られる前）に対策を行う。
- ② コンクリートの塩害以外に対しては、ライフサイクルコスト（LCC）の最小化を目指し、性能が低下する前に対策を行う。

3.2 アセットマネジメントシステム

<橋梁のアセットマネジメントとは>

橋梁を共有財産ととらえ、この財産をいかに効率よく維持・管理するかを検討し、より最善の方法を模索・実施していくことが「アセットマネジメント」である。

橋梁のアセットマネジメントでは、定期点検により橋梁の健全度を把握し、部材の劣化予測をすることで、適切な時期に修繕を実施する計画策定を行う。また予防保全型修繕を行うことで、橋梁の長寿命化を図り、将来を含めた維持管理費（ライフサイクルコスト）を削減する。

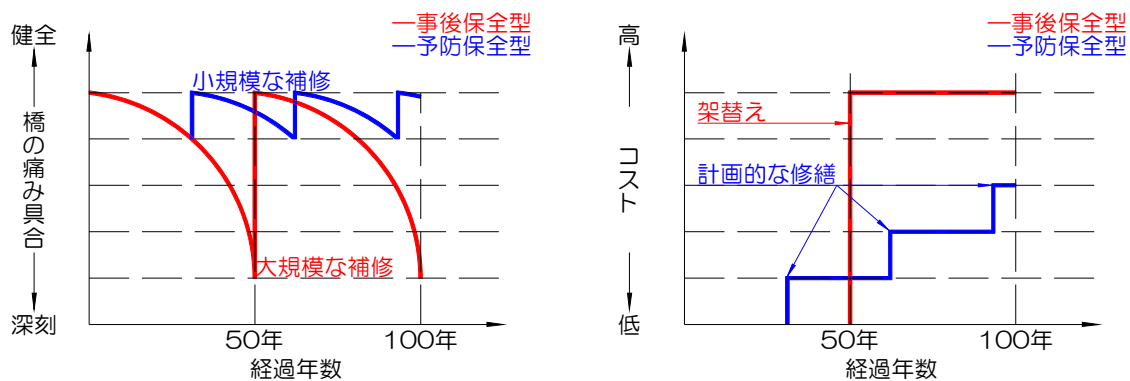


図 3.2.1 ライフサイクルコスト削減のイメージ

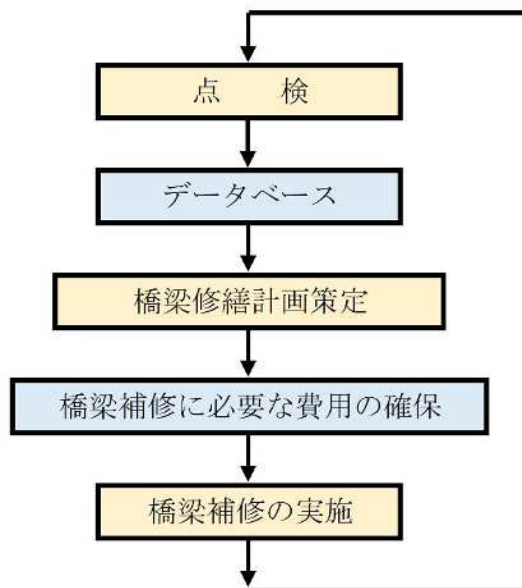


図 3.2.2 橋梁アセットマネジメント

(1) 点検

管理する橋梁の劣化状況を把握し、安全性や耐荷力、耐久性に影響すると考えられる損傷を早期に発見するとともに、効率的な維持管理を行うための情報収集を行う。

(2) データベース

橋梁基本情報、点検結果などを電子化・蓄積する。

(3) 橋梁修繕計画策定

各橋梁の将来状態予測を行い、予防保全的な管理手法を用いた修繕計画を策定する。

(4) 橋梁補修に必要な費用の確保

橋梁の補修に必要な補修費を市の財政に応じて、一定の費用を確保する。

(5) 橋梁補修の実施

橋梁修繕計画に基づき、橋梁の補修を実施する。

3.3 点検実施状況

(第1次) 橋梁長寿命化修繕計画策定時は、概略点検(全802橋:当時)が平成23年度までに行われ、詳細点検(概略点検で健全度が60点未満)は平成24年度までに136橋が行われており、これらの点検結果をもとに、全802橋について策定している。

表 3.3.1 橋梁点検実施状況(第1次橋梁長寿命化修繕計画策定時)

	H21	H22	H23	H24	合計
概略点検	165	635	2	0	802
詳細点検	24	21	85	6	136

平成25年の「道路法等の一部を改正する法律」等により、近接目視による点検が義務付けられ、本市においても全橋梁について平成26年度から平成30年度の間で近接目視による詳細点検(全806橋:当時)を実施・完了させたところである。

表 3.3.2 橋梁点検実施状況(H25改訂後)

	H26	H27	H28	H29	H30	合計
詳細点検	23	137	173	198	275	806

※ 第2次橋梁長寿命化修繕計画策定にあたり、道路橋と併設する歩道橋について構造的に道路橋と異なる歩道橋については、新たに管理番号を付し、別途管理することとしたため、令和2年3月末時点での薩摩川内市が管理する橋梁は全809橋である。

また、近接目視による詳細点検は、平成26年度～平成30年度の点検を1サイクル、令和元年度～令和5年度の点検を2サイクルとして、今後、各橋梁を5年毎に1回実施することとしており、定期的に橋梁の健全性を把握し、必要に応じて対策(緊急処置も含む)を図ることとしている。なお、橋梁下の通行車両、歩行者、自転車及び鉄道等への第三者被害を防止する観点から高架橋については、年に1回、職員による日常点検(外観目視点検)を実施している。

3.4 薩摩川内市の今後の橋梁の維持管理

橋梁を適切かつ継続的に管理していくために、日常的な維持管理、計画的な維持管理、異常時の維持管理の3つに分けて管理を行う。

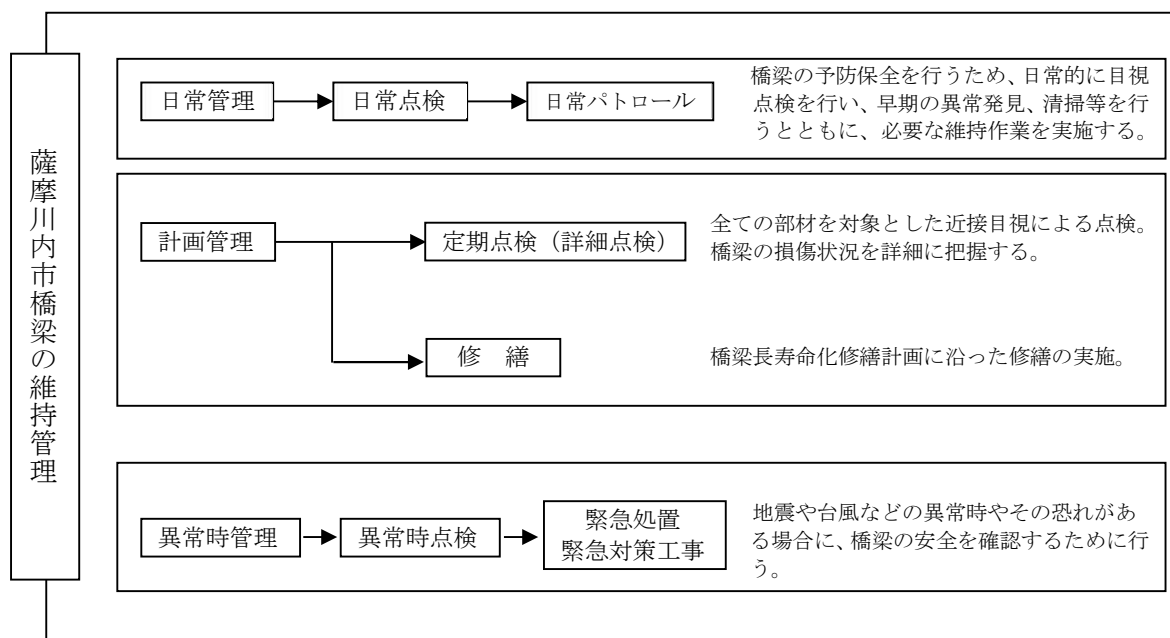


図 3.4.1 薩摩川内市橋梁の維持管理

(1) 日常管理

薩摩川内市では、定期パトロールによる日常点検を行い、安全で円滑な道路交通網を維持するため、清掃・維持作業を定期的に行う。また軽微な損傷が発見された場合は、必要に応じて応急的な修繕を行う。

(2) 計画管理

5年に1回全橋梁を対象とした近接目視による点検を行い、橋梁の損傷状況を詳細に把握する。(点検計画期間は10年間とし、約10年毎に点検計画の見直しを行う。)

点検結果を元に橋梁長寿命化修繕計画を約10年毎に見直しを行い、予防保全を前提とした計画的修繕、点検を行う。

(3) 異常時管理

地震や台風などの災害発生の際、橋梁に損傷等の影響を受けた場合は、緊急点検を実施し、必要な対策を検討する。

4. 橋梁長寿命化修繕計画の策定

4.1 橋梁長寿命化修繕計画策定の流れ

修繕計画では、はじめに現在の橋梁の健全度（損傷状態）を定期点検により把握し、どの程度損傷しているか、劣化が進行しているか評価する必要がある。各橋梁の損傷状態を把握した上で部材毎の劣化予測を行い、将来的に必要となる修繕費用を橋梁ごとに算定する。さらに管理橋梁全橋での最適な修繕計画を策定する。

なお、計画の妥当性を確認し改善するために、約10年毎に計画の見直しを行う。修繕計画の流れを下図に示す。

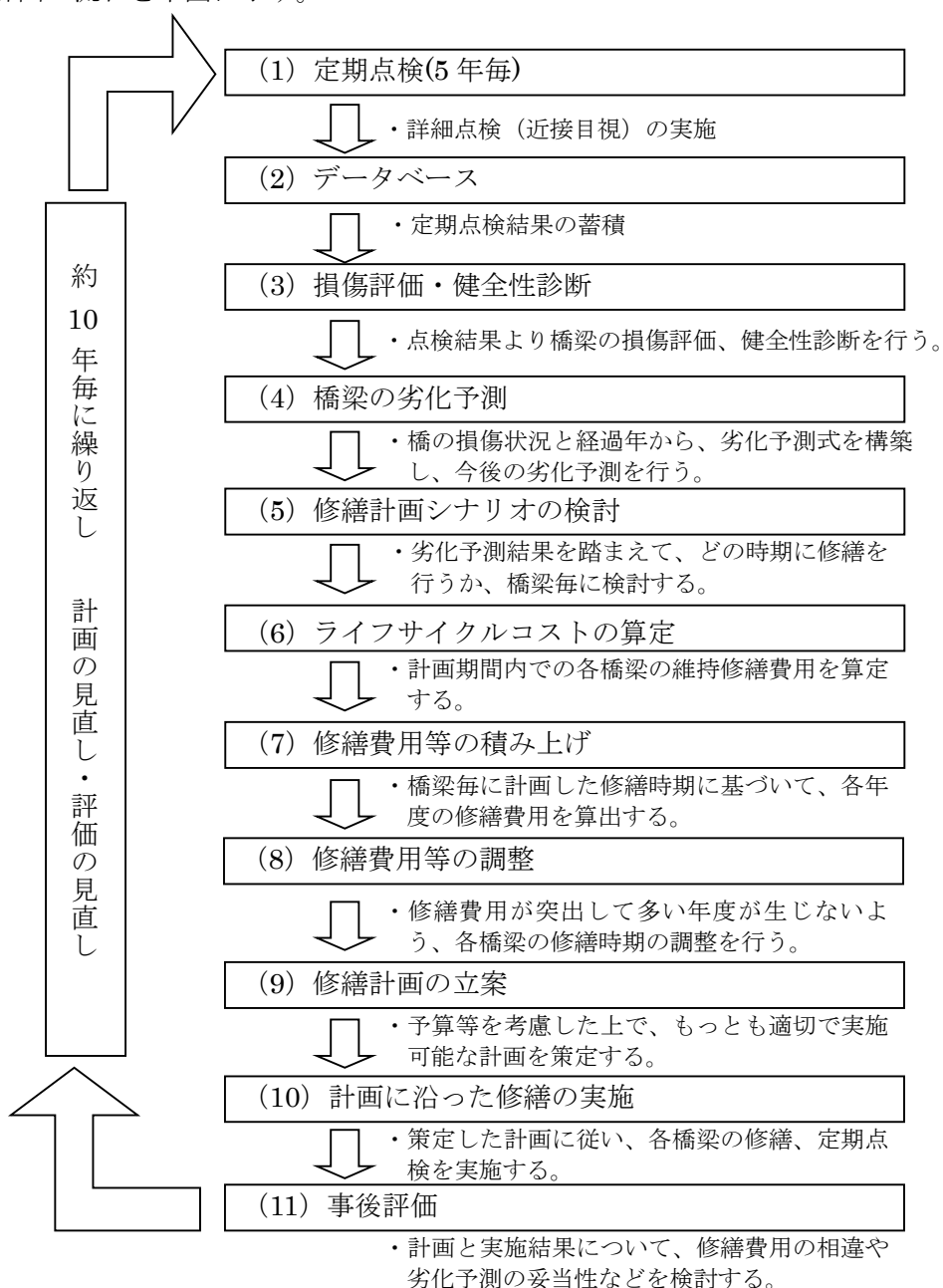


図 4.1.1 橋梁長寿命化修繕計画の流れ

4.2 損傷の評価(損傷等級)

損傷の評価は、「橋梁定期点検マニュアル(案):H27.7 鹿児島県」に基づいて行う。

損傷の評価は、損傷の種類ごとの進行状況について、劣化度合いの判断基準である損傷等級に区分する。

点検対象とした径間毎の部材単位で、損傷の種類ごとに以下に示す5つの損傷等級(a～e)に区分することを基本とする。

表 4.2.1 損傷等級区分

区分	概念	一般的状況
a	[良好]	損傷が特に認められない
b	[ほぼ良好]	損傷が小さい
c	[軽度]	損傷がある
d	[顕著]	損傷が大きい
e	[深刻]	損傷が非常に大きい

また、判定を行う損傷の種類と、損傷の種類ごとの損傷等級は下表のとおりとする。

表 4.2.2 判定する損傷の種類と損傷等級

材料	損傷の種類	損傷等級					備考
		a	b	c	d	e	
鋼	① 腐食	●	●	●	●	●	損傷等級評価対象
	② 亀裂	○	—	○	—	○	
	③ ゆるみ・脱落	○	—	○	—	○	
	④ 破断	○	—	—	—	○	
	⑤ 防食機能の劣化	●	—	●	—	●	
コンクリート	⑥ ひびわれ	●	●	●	●	●	損傷等級評価対象
	⑦ 剥離・鉄筋露出	●	—	●	—	●	損傷等級評価対象
	⑧ 漏水・遊離石灰	●	—	●	—	●	損傷等級評価対象
	⑨ 抜け落ち	○	—	—	—	○	
	⑩ コンクリート補強材の損傷	○	—	○	—	○	
	⑪ 床版ひびわれ	●	●	●	●	●	損傷等級評価対象
その他	⑫ うき	○	—	—	—	○	
	⑬ 遊間の異常	○	—	○	—	○	
	⑭ 路面の凹凸	○	—	○	—	○	
	⑮ 舗装の異常	○	—	—	—	○	
	⑯ 支承の機能障害	○	—	—	—	○	
	⑰ その他	○	—	—	—	○	
	共通	⑱ 定着部の異常	○	—	○	—	○
⑲ 変色・劣化		○	—	—	—	○	
⑳ 漏水・滞水		○	—	—	—	○	
㉑ 異常な音・振動		○	—	—	—	○	
㉒ 異常なたわみ		○	—	—	—	○	
㉓ 変形・欠損		○	—	○	—	○	
㉔ 土砂詰り		○	—	—	—	○	
㉕ 沈下・移動・傾斜		○	—	—	—	○	
㉖ 洗掘	○	—	○	—	○		

● ; 部材全体へのひろがり进行评估しやすい損傷種類で、損傷等級ごとの発生割合を記録する

○ ; 部材全体へのひろがり进行评估しにくい損傷種類で、損傷等級ごとの有無を記録する
ただし、記録方法は便宜的に(有り⇒100%, 無し⇒0%)として表現する

— ; 損傷等級が存在しない

橋梁全体の損傷等級評価の対象部材は、主要部材である床版、主構（Co、鋼）、下部工の3種類とし、劣化予測で評価する損傷は、表4.2.2の備考欄の赤字で示す「腐食」、「(床版)ひび割れ」、「剥離・鉄筋露出」、「漏水・遊離石炭」の4つを対象とする。これらの損傷の中で（鋼橋は腐食のみ、コンクリート橋は残りの3項目）、最も悪い評価を橋梁全体の代表損傷等級（1～5）とする。なお、損傷等級（1～5）は、「鹿児島県橋梁点検支援システム」に各部材の損傷等級（a～e）点検結果を入力することで下表に示すように自動変換される。

表 4.2.3 点検マニュアル損傷等級対応表

点検システム上の評価		変換後	損傷状況（程度）
詳細点検評価（5段階）		損傷等級	
a	↔	1	損傷が特に認められない
b	↔	2	損傷が小さい
c	↔	3	損傷がある
d	↔	4	損傷が大きい
e	↔	5	損傷が非常に大きい

4.3 健全性診断（判定区分）

4.2 損傷の評価で示した損傷等級（県独自）とは別に、国の健全性診断の判断基準である判定区分（Ⅰ～Ⅳ）についても下表に示すように「道路橋定期点検要領 H31.2 国土交通省道路局」に基づいて評価する。

まず、詳細点検で得られた点検結果を基に部材単位の判定区分を評価する。

表 4.3.1 健全性の診断区分

区分	状態
Ⅰ 健全	構造物の機能に支障が生じていない状態。
Ⅱ 予防保全段階	構造物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	構造物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	構造物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。

判定区分のⅠ～Ⅳに分類する場合の措置の基本的な考え方は以下のとおりとする。

- Ⅰ：監視や対策を行う必要のない状態をいう
- Ⅱ：状況に応じて、監視や対策を行うことが望ましい状態をいう
- Ⅲ：早期に監視や対策を行う必要がある状態をいう
- Ⅳ：緊急に対策を行う必要がある状態をいう。

次に部材単位の診断結果を基に道路橋毎の健全性の診断を行う。なお、道路橋毎の健全性の診断区分は表 4.3.1 と同様である。

道路橋毎の健全性診断は、部材単位で補修や補強の必要性を評価する点検とは別に、道路橋毎に総合的な評価を付けるものであり、道路橋の管理者が保有する道路橋全体の状況を把握するなどの目的で行うものである。

部材単位の健全度が道路橋全体の健全度に及ぼす影響は、構造特性や架橋環境条件、当該道路橋の重要度等によっても異なるため、部材単位の健全性の診断結果を踏まえて、道路橋毎で総合的に判断することが必要である。一般には、構造物の性能に影響を及ぼす主要な部材に着目して、最も厳しい健全性の診断結果で代表させることができる。

4.4 劣化予測

第2次橋梁長寿命化修繕計画策定においては、橋梁全体の健全度を示す「判定区分」を用いて劣化予測を行うこととし、劣化予測式の作成は、薩摩川内市が実施した平成26年度～平成30年度の近接目視による詳細点検結果データを用いて検討した。

表 4.4.1 劣化予測式に用いたデータ数

検討内容	使用データ数			備考
	全橋梁	環境条件	対象橋梁	
詳細点検	809橋/809橋	一般環境地域	722橋	
		塩害影響地域	87橋	うち甕島地域79橋

※薩摩川内市においては、凍結防止材を散布している橋梁が数橋存在するが、散布量が少ないため、凍結防止剤散布は塩害に影響しないものとした。

※本土地域は、海岸線より200m以内を塩害対策地域とし、甕島地域は、全域に潮風の影響があると考えられ、また、現場視察の結果より海岸線より200m以上離れたところに存在している橋梁においても、塩害と思われる損傷が確認されたこと等を考慮し、甕島地域の全橋梁を塩害対策地域として検討した。

劣化予測で評価する部材は、床版、主構（コンクリート、鋼材）、下部工とし、橋梁が存在する環境条件では、一般環境地域と塩害影響地域に分類し、それぞれの劣化予測を実施した。

劣化予測式検討の主な内容は、以下の手順で行った。

- ① 各橋梁の判定区分を経過年数ごとにプロットする。
- ② 各判定区分Ⅰ～Ⅳの平均経過年数を算出する。
- ③ 各判定区分の平均経過年数を用いて近似曲線を算出する。
⇒各判定区分の平均経過年数の近似曲線を劣化予測式とする。

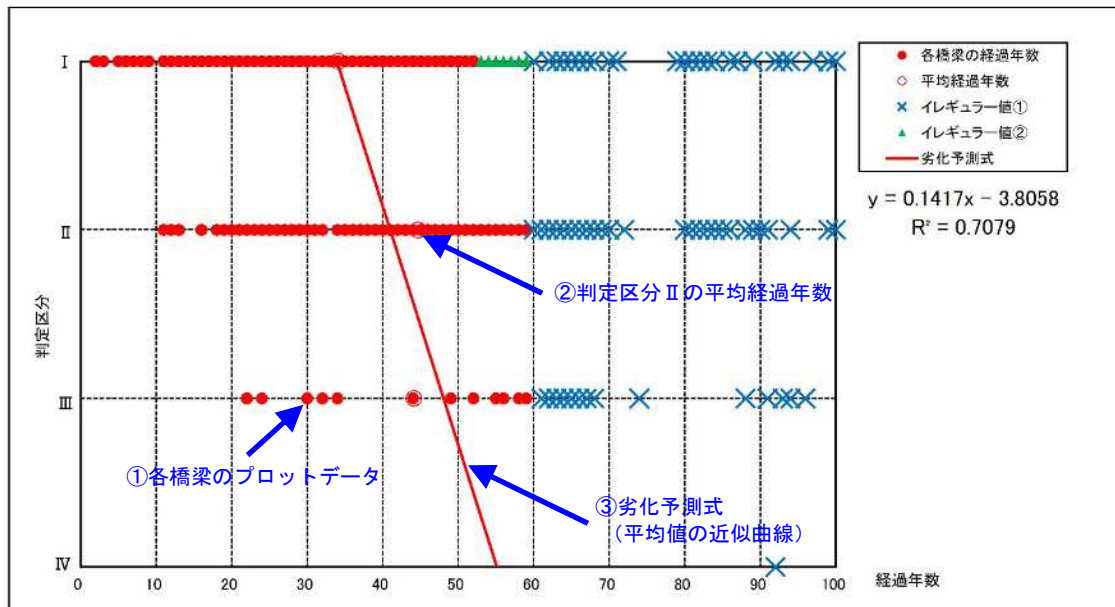


図 4.4.1 劣化予測式グラフ例

各部材及び各環境に対する近似曲線の適用式を下図表に示す。

表 4.4.2 劣化予測式

部材	劣化予測方法	劣化予測式 [※]		対策方針
		一般環境地域	塩害影響地域	
床版	劣化予測式	$y=0.1192x-2.9623$	$y=0.1268x-3.1732$	修繕
主構	C o	$y=0.1417x-3.8058$	$y=0.1417x-3.8058$	
	鋼	$y=0.1187x-1.5212$	$y=0.1187x-1.5212$	
下部工	〃	$y=0.1085x-2.8132$	$y=0.1385x-3.5597$	
高欄	経年劣化	50年		修繕工事の際 に同時更新
舗装	〃	As系：10年 Co系：15年		
伸縮装置	〃	鋼製：30年 ゴム製：30年		
支承	〃	鋼製：30年 ゴム製：50年		

※ y：判定区分 x：経過年数（架設年又は補修年からの経過年数）

※塩害環境地域の主構 Co の劣化年数は、一般環境地域の劣化年数より劣化進行が遅い結果となったことから、両環境において一般環境地域の劣化予測式を用いることとした。

※塩害環境地域の主構鋼の劣化予測式は、データ不足のための算出不能であったことから、一般環境地域の劣化予測式を用いることとした。

図 4.4.2-1 劣化予測式（近似曲線）

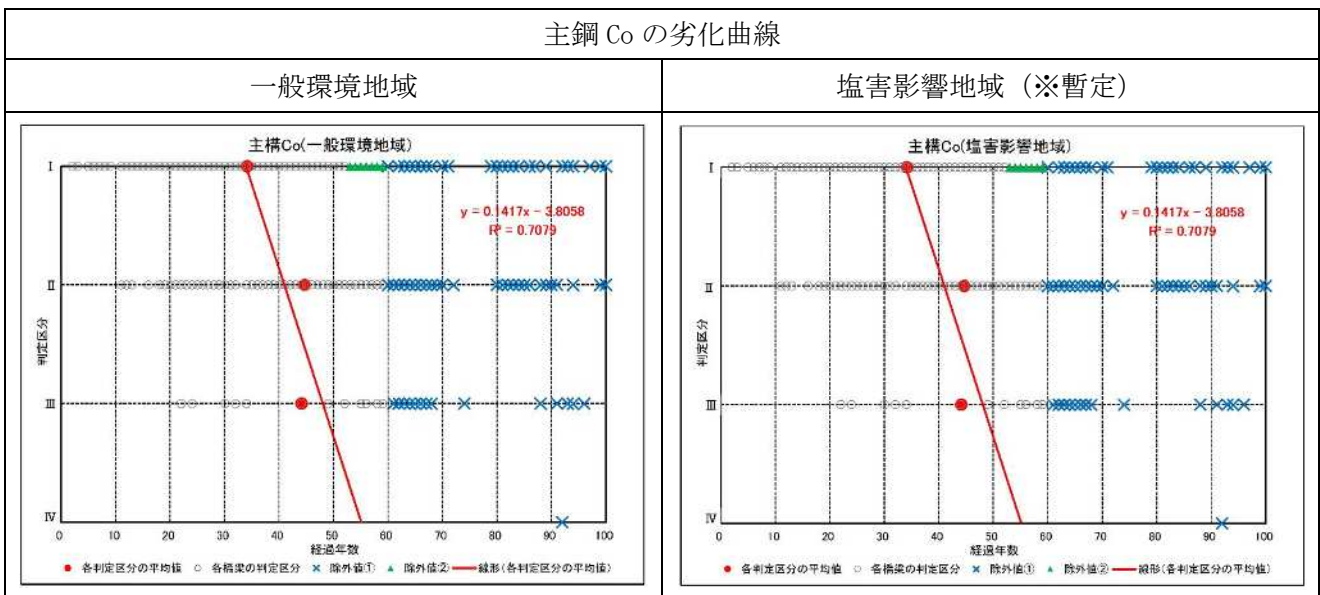
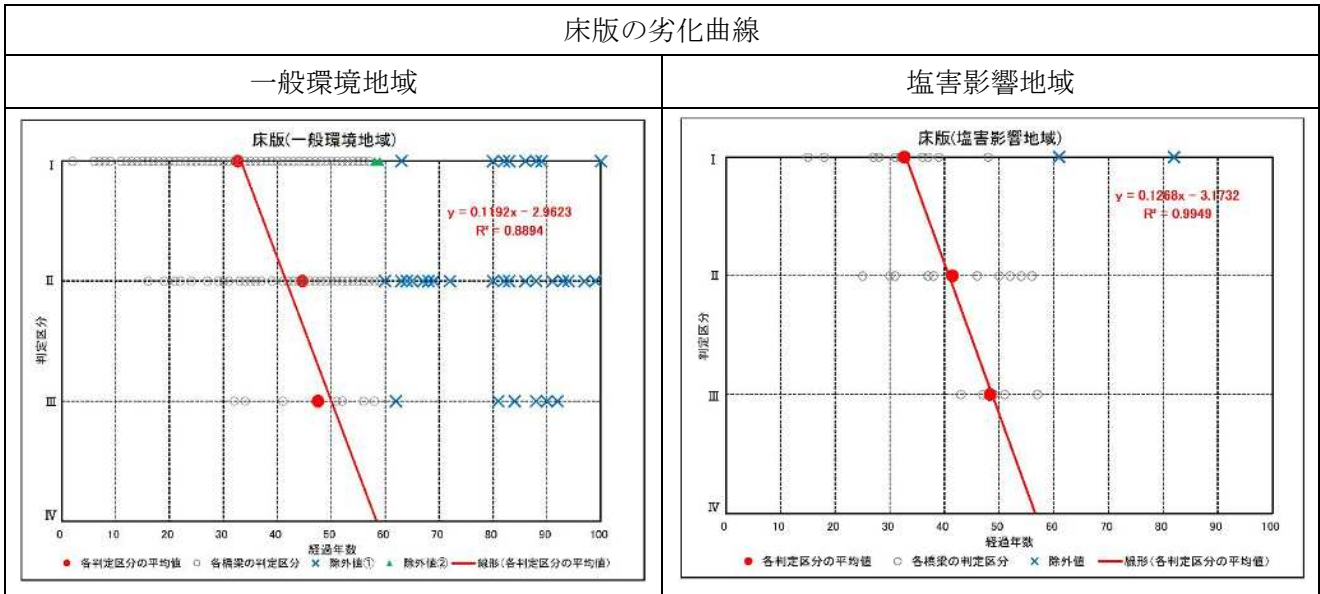
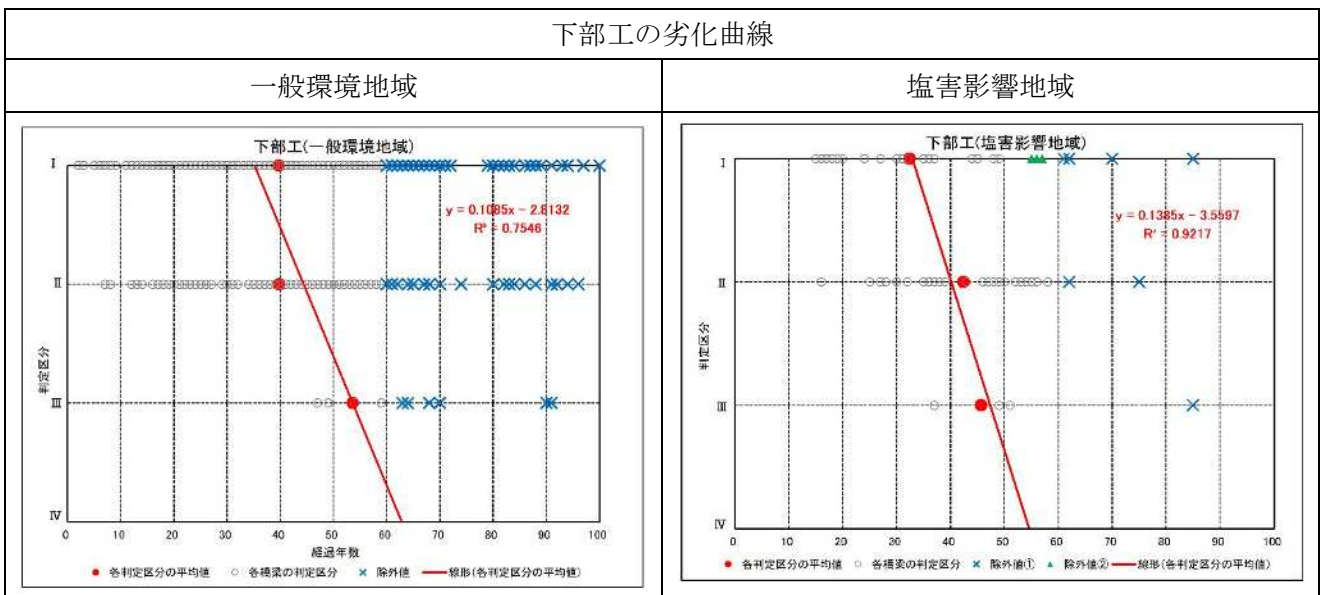
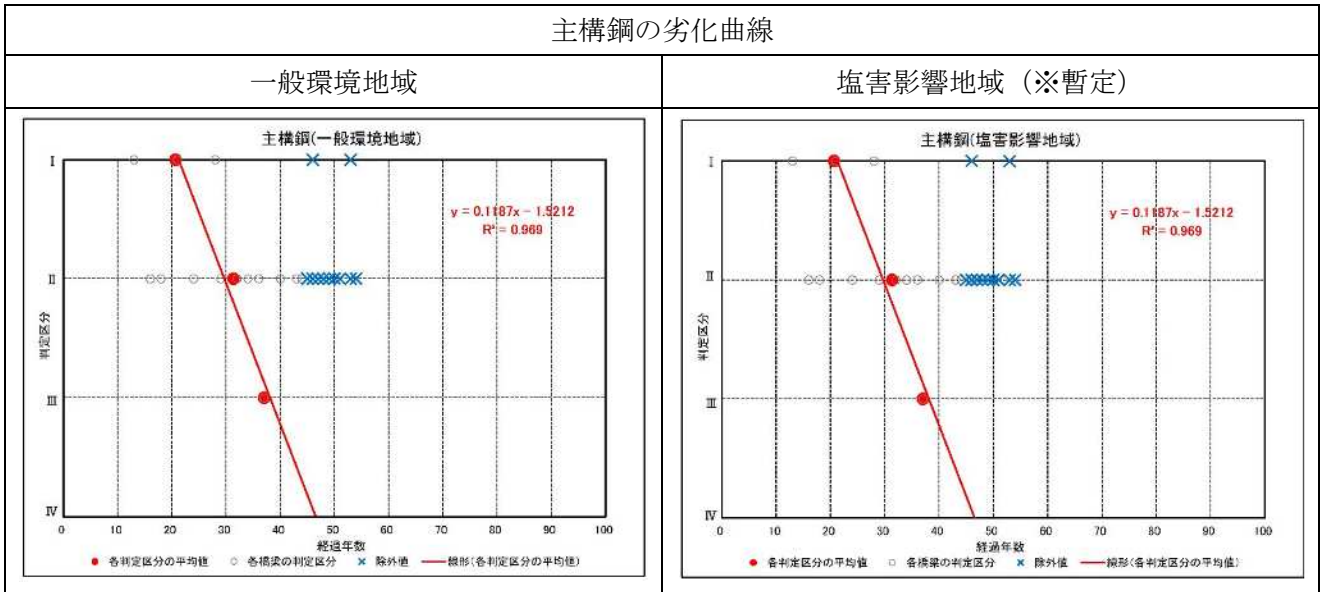


図 4.4.2-2 劣化予測式（近似曲線）



4.5 修繕時期

橋梁の維持管理の基本方針に基づき、効果的かつ経済的な維持管理を行うことを目指し、予防保全型修繕を行うこととする。

平成 26 年度～平成 30 年度については、(第 1 次) 橋梁長寿命化修繕計画に基づき、損傷等級を基準として整備優先度の高い橋梁から修繕等を実施したが、第 2 次橋梁長寿命化修繕計画では、最新の点検結果の判定区分・損傷等級を基準として整備優先度の高い橋梁から修繕等を実施することとする。

※詳細な整備の優先順位については、以降 4.6 で記載する。

<計画初期段階>

最新の点検結果において、既に生じている損傷に対して早急に部材の補修を行う必要があるとされている早期措置段階(判定区分Ⅲ)の橋梁から優先し、判定区分Ⅳに至る前に修繕等を行うこととし、判定区分Ⅲ以上の橋梁の解消を目的とする。

※修繕等を実施する際には詳細点検(調査)を行い、効率的な維持管理及び修繕が図れるように必要な対策を講じることとする。

<上記段階以降>

予防保全段階(判定区分Ⅱ)の橋梁のうち、整備優先度の高い橋梁から予防保全修繕を行うこととし、判定区分Ⅲに進展する前に維持管理することを目的とする。

なお、橋梁の構造や重要度にあわせた修繕を行うため、以下の3つを考慮する。

・予防保全型修繕 1(高架橋以外の橋梁)

橋梁全体に及ぶような大きな劣化・損傷が顕在化する前に修繕することで、橋梁の健全度を比較的高い状態で維持するとともに、計画期間での総修繕費用を極力低減することを主旨とし、「判定区分Ⅲ」に進展する前を修繕時期とする。

・予防保全型修繕 2(高架橋)

橋梁下の通行車両、歩行者、自転車及び鉄道等への第三者被害を防止する観点から、通常点検による監視を強化することを主旨とし、「判定区分Ⅲ」に進展する前を修繕時期とする。

・点検時対応(石橋)

通常のコンクリート橋と比較して、耐久性は高いと考えられることから、点検等で把握した損傷状況から修繕時期を判断する。「判定区分Ⅳ相当」に進展する前を修繕時期とする。

表 4.5.1 修繕時期の対応目標

構造等の条件	シナリオ	対策時の判定区分				対象 橋梁数
		床版	コンクリート桁	鋼桁	下部工	
橋梁（高架橋以外）	予防保全型1	Ⅲに進展する前	Ⅲに進展する前	Ⅲに進展する前	Ⅲに進展する前	789橋
高架橋	予防保全型2	Ⅲに進展する前	Ⅲに進展する前	Ⅲに進展する前	Ⅲに進展する前	7橋
石橋	点検時対応	-	-	-	Ⅳ相当に進展する前	13橋
合計						809橋

※注1)：石橋とコンクリート橋の混合橋は、コンクリート橋として取り扱う。

※注2)：修繕は、表中の判定区分の時期に実施することとする。

※注3)：判定区分Ⅲ以上の橋梁がないものとして記載している。

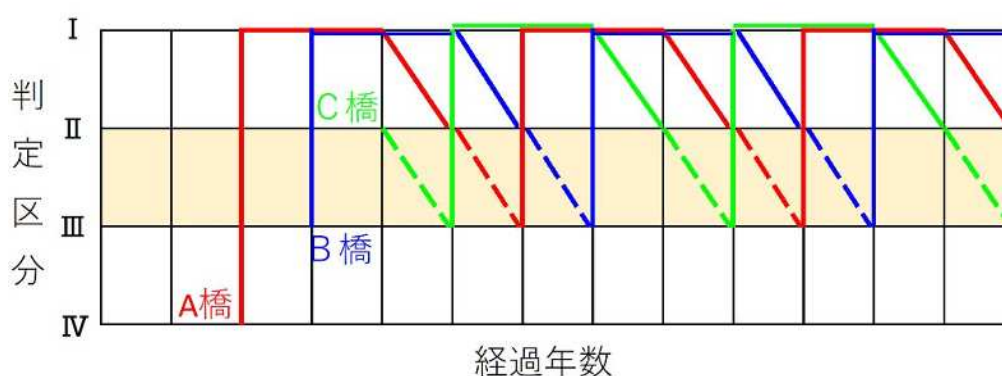


図 4.5.1 維持管理サイクルのイメージ

注1) A橋：判定区分Ⅳの橋梁は最優先で修繕等を実施（令和2年3月末時点なし）

注2) B橋：判定区分Ⅲの橋梁は早期に修繕等を実施

注3) C橋：判定区分Ⅰ、Ⅱの橋梁は、判定区分Ⅲに進展する前に修繕等を実施

注4) 修繕後：判定区分Ⅲに進展する前に修繕等を実施

4.6 整備橋梁の優先順位

最新の点検結果において、新たに設けた以下の項目を考慮して整備優先度の高い橋梁から修繕等を実施することとする。

- ① 判定区分の高い橋梁（Ⅳ→Ⅰ）
- ② 損傷等級の高い橋梁（5→1）
- ③ 重要度の高い橋梁（重要度指数を本土橋、離島橋、長大橋毎に設定）

まずは判定区分Ⅲの修繕等を実施し、次に判定区分Ⅱ、Ⅰの修繕等を実施する。

また、同じ判定区分での橋梁の優先度は、②損傷等級の高い橋梁（5→1）を優先し、それでも優先順位が同位の橋梁については路線の重要度や周辺環境から決まる③重要度の高い橋梁（優先度指数が高い橋梁）を優先するものとする。

※本来であれば「判定区分Ⅳ」の橋梁を最優先とするべきであるが、本市においては令和2年3月末時点で「判定区分Ⅳ」の橋梁はないため、「判定区分Ⅲ」の橋梁を最優先することとした。

※今後の点検等により判定区分Ⅳが生じた際は、優先順位を最上位として対応する。

※今回の修繕計画は平成26年度～平成30年度の点検結果を参考に優先順位を決定したが、今後の点検等により優先順位が変更する場合がある。

※公共性の低い橋梁(該当橋梁付近に同一規模以上の橋梁があり、迂回路に問題の生じない橋梁等)については、利用制限や統廃合を行う場合がある。

路線の重要度や周辺環境から決まる「橋梁重要度指数」については、本土橋、離島橋、長大橋の各橋梁が持つ特性を踏まえ、以下のように設定した。

$$\text{優先度指数} = (X_n / 100) \times Y_n$$

ここに X_n : 橋梁重要度指数(橋梁の重要度に応じた点数)・・・①

Y_n : 橋梁損傷度評価値 (橋梁の損傷度に応じた点数)・・・②

1) 本土橋の橋梁重要度指数 (X_n)

$$X_n = \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_3 + \beta_4 \cdot x_4 + \beta_5 \cdot x_5$$

ここに β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 、 β_5 : 重み係数 (合計 1.0)

x_1 : 原発計画避難道路の評価点

x_2 : 第三者被害の評価点

x_3 : バス路線の評価点

x_4 : 迂回路の評価点

x_5 : DID 区分の評価点

※注)DID 区分とは、人口密度が 4,000 人/km² 以上の区が互いに隣接し人口が 5,000 人以上となる地区のことである。

本土橋橋梁重要度指数 (Xn)

x 1 : 原発計画避難道路の評価点		重み係数
該当	非該当	$\beta 1$
100点	50点	0.3
x 2 : 第 3 者被害の評価点		重み係数
該当	非該当	$\beta 2$
100点	50点	0.2
x 3 : バス路線の評価点		重み係数
該当	非該当	$\beta 3$
100点	50点	0.2
x 4 : 迂回路の評価点		重み係数
該当	非該当	$\beta 4$
100点	50点	0.2
x 5 : DID区分の評価点		重み係数
該当	非該当	$\beta 5$
100点	50点	0.1
合計		1.0

2) 離島橋の橋梁重要度指数 (Xn)

$$Xn = \beta 1 \cdot x1 + \beta 2 \cdot x2 + \beta 3 \cdot x3 + \beta 4 \cdot x4$$

ここに $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 、 $\beta 3$ 、 $\beta 4$: 重み係数 (合計 1.0)

x 1 : 避難道路の評価点

x 2 : バス路線の評価点

x 3 : 迂回路の評価点

x 4 : 第 3 者被害の評価点

離島橋橋梁重要度指数 (Xn)

x 1 : 避難道路の評価点		重み係数
該当	非該当	$\beta 1$
100点	50点	0.4
x 2 : バス路線の評価点		重み係数
該当	非該当	$\beta 2$
100点	50点	0.3
x 3 : 迂回路の評価点		重み係数
該当	非該当	$\beta 3$
100点	50点	0.2
x 4 : 第 3 者被害の評価点		重み係数
該当	非該当	$\beta 4$
100点	50点	0.1
合計		1.0

3) 長大橋の橋梁重要度指数 (X n)

$$X_n = \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_3$$

ここに β_1 、 β_2 、 β_3 : 重み係数 (合計 1.0)

x_1 : 緊急輸送路の評価点

x_2 : 第三者被害の評価点

x_3 : 原発計画避難道路の評価点

長大橋橋梁重要度指数 (Xn)

x 1 : 緊急輸送路の評価点		重み係数
該当	非該当	β_1
100点	50点	0.5
x 2 : 第三者被害の評価点		重み係数
該当	非該当	β_2
100点	50点	0.3
x 3 : 避難道路の評価点		重み係数
該当	非該当	β_3
100点	50点	0.2
合計		1.0

4) 橋梁損傷度評価値 (Y n)

$$Y_n = \gamma_1 \cdot y_1 + \gamma_2 \cdot y_2 + \gamma_3 \cdot y_3$$

ここに γ_1 、 γ_2 、 γ_3 : 部材重み係数

y_1 、 y_2 、 y_3 : 各部材の損傷度評価点

橋梁損傷度評価値 (Yn)

y1: 床版の損傷評価点		重み係数	
損傷評価点=100-床版健全度		γ_1	0.55
y2: 主構の損傷評価点		重み係数	
損傷評価点=100-主構健全度		γ_2	1.00
y3: 下部工の損傷評価点		重み係数	
損傷評価点=100-下部工健全度		γ_3	1.00
合計		2.55	

※ 橋梁の損傷度評価値 Yn は、床版、主構、下部工において、どの部位が早期に劣化した場合に橋梁の耐荷性や構造的な安定性等に影響が大きいかを踏まえ、重みを配分したものである。

4.7 対策工法

修繕費用を算定するため、対象となる主要部材の損傷等級・状況に応じ、現在採用・実施されている工法の中から健全度を回復できる効果的な対策工法を設定した。

1) 床版対策工法

	対策工法	備考
1)	床版防水工	舗装打換えを含める
2)	表面被覆工法	－
3)	ひび割れ注入工法	損傷等級に応じ、補修割合を設定する
4)	断面修復工法	損傷等級に応じ、補修割合を設定する

2) 主構対策工法（コンクリート桁）

	対策工法	備考
1)	表面被覆工法	－
2)	ひび割れ注入工法	損傷等級に応じ、補修割合を設定する
3)	断面修復工法	損傷等級に応じ、補修割合を設定する
4)	電気防食工法	－
5)	炭素繊維補強工法	－

3) 主構対策工法（鋼桁）

	対策工法	備考
1)	再塗装R _c -III	損傷等級に応じ、補修割合を設定する
2)	再塗装R _c -I	損傷等級に応じ、補修割合を設定する
3)	あて板補強工法	－

4) 下部工対策工法

	対策工法	備考
1)	表面被覆工法	－
2)	ひび割れ注入工法	損傷等級に応じ、補修割合を設定する
3)	断面修復工法	損傷等級に応じ、補修割合を設定する
4)	電気防食工法	－
5)	炭素繊維補強工法	－

5) 高欄、塗装、伸縮装置、支承における対策工法

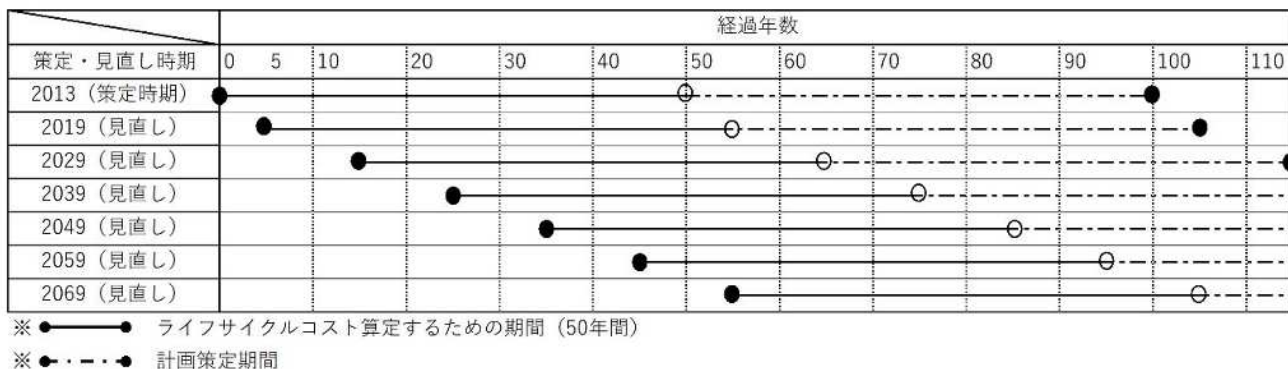
	対策工法	備考
1)	取替	現況と同形式に取り換える

4.8 ライフサイクルコストの算定

ライフサイクルコストの計算は、以下の前提で行った。

- 各橋梁の計算及び長期計画は令和2年3月末時点から50年間とする。
- ※LCCの算出については、道路橋示方書(H29.7)では100年持たせることとなっている。この為、本長寿命化計画においても算出結果のバラツキ抑制を考慮(長寿命化修繕計画の手引き(案)H27.2)して、50年間単位で計画を見直すことを繰り返し、100年間の修繕計画とする。従って、LCCを算定するための期間を50年とする。
- 橋梁の耐用年数は設定しない。
- 修繕実施後の橋梁においては、修繕前と同様の劣化曲線を用いて修繕時期・費用を算定する。
- 定期点検は、全橋梁を対象に5年に1回実施する。
- 長期計画は、基本的に50年間とし、10年毎に修繕・点検計画の見直しを行う。

表 4.8.1 薩摩川内市橋梁長寿命化修繕計画期間(例)



4.9 長寿命化修繕計画の策定

(1) 予算の平準化

修繕時期がある年度に集中すると、橋梁の修繕事業費が膨らみ、他の事業への影響や調整が必要になる他、修繕事業費を縮小しなければならない事態が想定される。

そこで、橋梁の対策優先順位を設定し、修繕時期を調整することで、単年度の事業費を低く抑えるとともに、予算の平準化を行い、計画的な維持管理ができるように修繕計画を立案した。

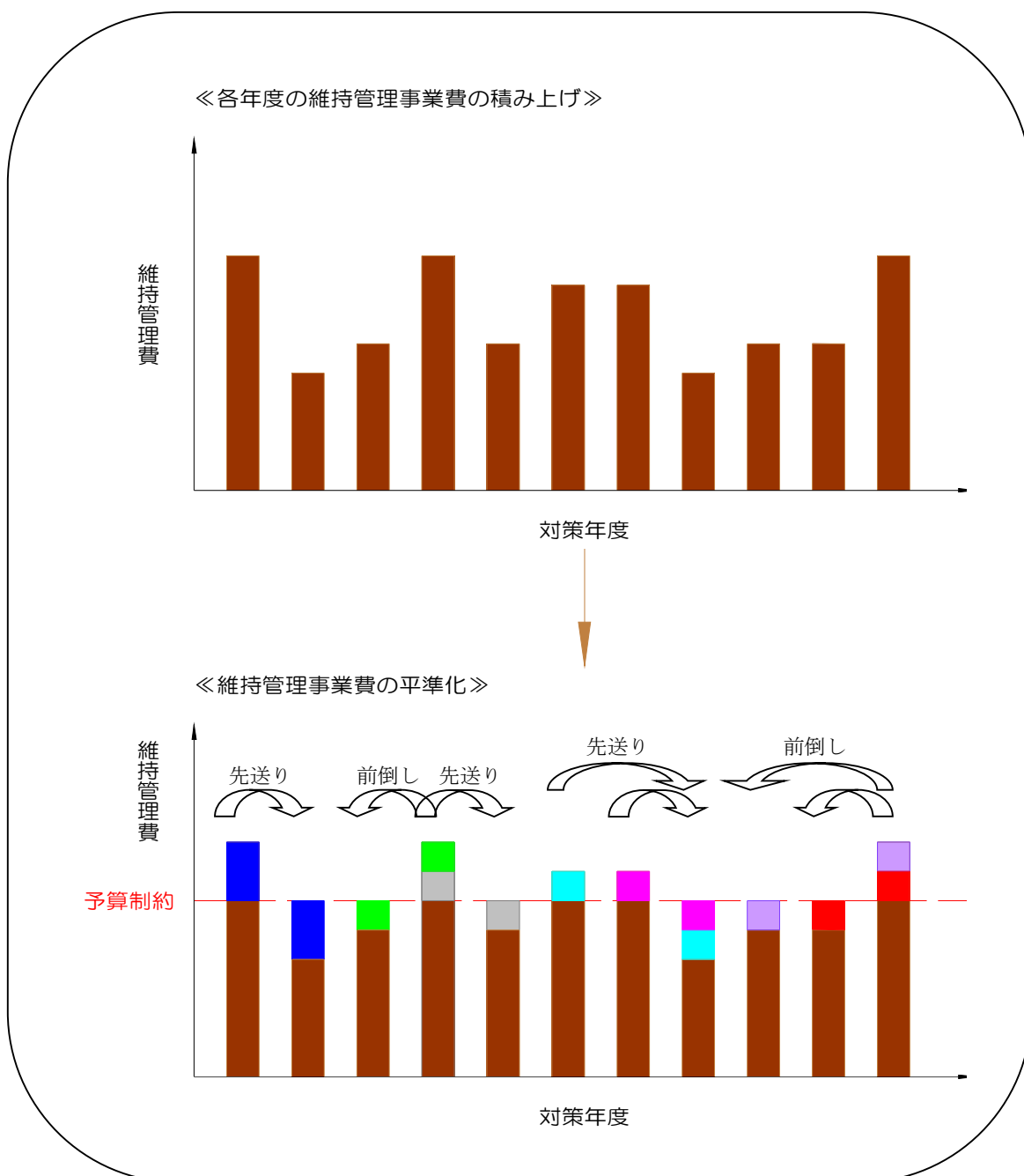


図 4.9.1 予算の平準化イメージ図

(2) 対策橋梁の優先順位

対策橋梁の優先順位については、4.6に記載のとおりであるが、不慮の災害等後の緊急点検により、「判定区分Ⅳ」と判断される橋梁が発生した場合は、緊急対策を講じるとともに、必要に応じて対策しなければならない橋梁の優先順位の見直しを検討するものとする。

(3) 修繕計画の策定

設定した対策時期に修繕を行う計画を策定した後、各橋梁の対策優先順位を考慮して予算の平準化を行った。

予算の平準化にあたっては、薩摩川内市の維持管理予算等を考慮した上で、次のCaseについてライフサイクルコストを算出した。なお、LCC算出においては想定される修繕費、補修設計費、定期点検費を計上した。

Case1：【LCC最適型(初期投資重点型)】

単年度予算を考慮せず、計画の初年度(2020年度)に判定区分Ⅲ以上を全て修繕し、次年度からは劣化予測により判定区分Ⅲに至る前に橋梁を修繕した場合

- 計画初年度(2020年度)に判定区分Ⅲ以上に至った橋梁を最優先に修繕するが、初年度の事業費が約20億円必要となる。
- 2023年度から2026年度頃にかけて、現状判定区分Ⅱの橋梁が判定区分Ⅲへ劣化することが予測されるため、計画初年度を上回る事業費が必要となる。

Case2：【3億円均一型(予算制約型)】単年度予算を3億円で固定した場合

- 今後50年間の単年度予算を3億円で固定し、橋梁の優先順位を考慮して修繕等を進めた場合、判定区分Ⅲの橋梁の修繕等が完了する前の2023年頃から判定区分Ⅳが発生するため、大幅な単年度予算の加算が必要となる。

Case3：【予防保全型(予算制約型)】

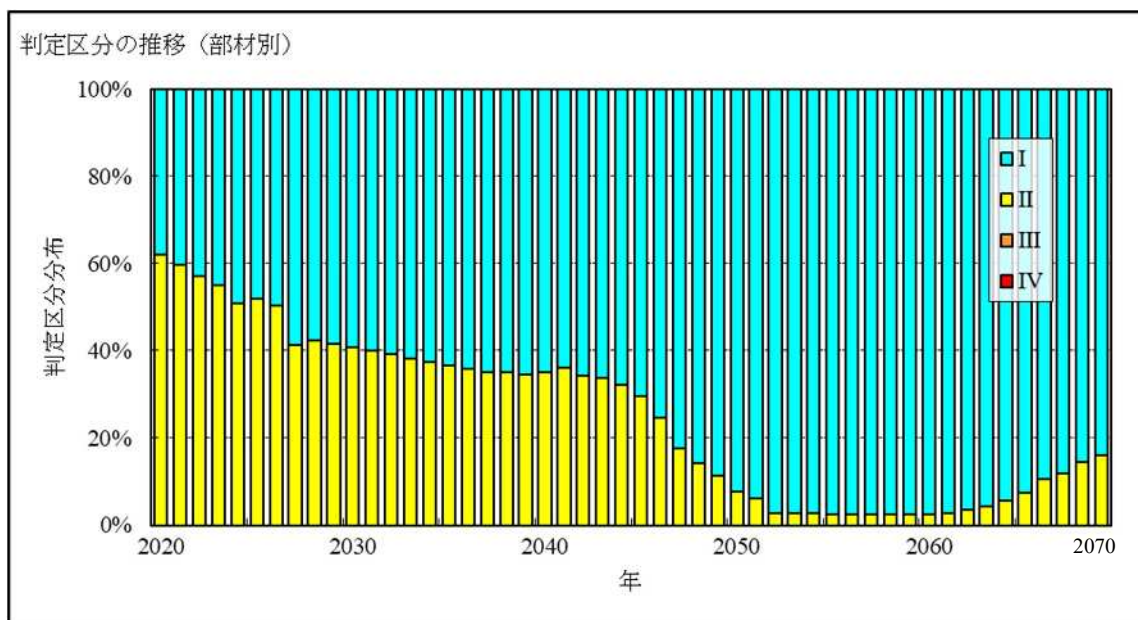
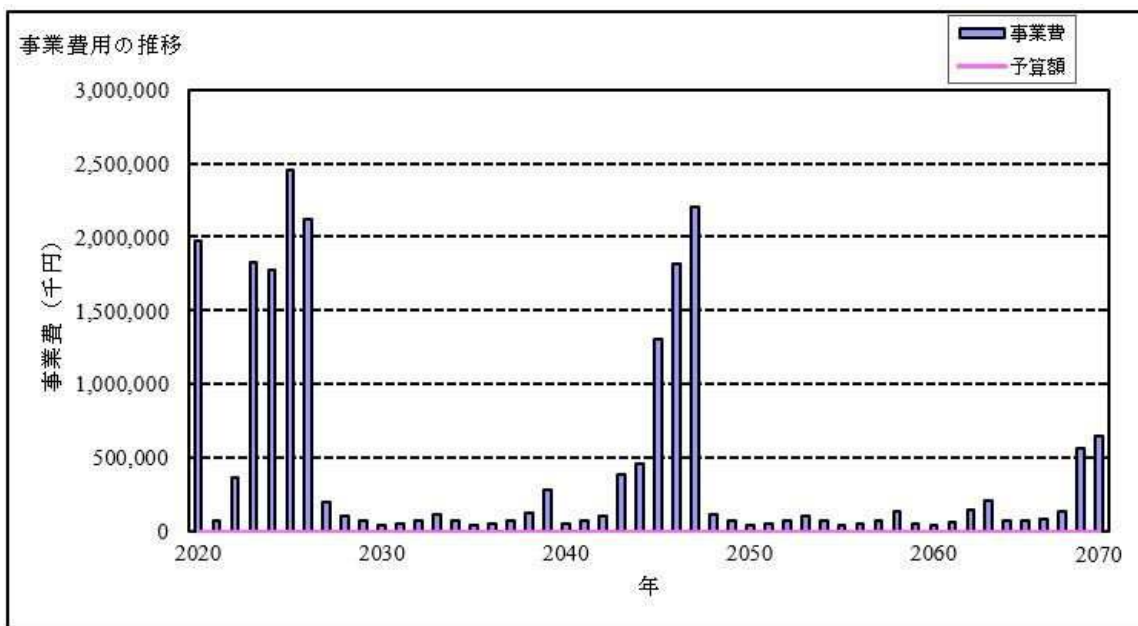
当初単年度予算は3億円で、途中年度から予算を加算して、判定区分Ⅲ以上が発生しないようにした場合

※当初5年程度は、大幅な予算確保が困難として単年度予算を3億円で固定した

- 当初5年を除く計画初期の10年程度において単年度予算を7億円に加算することで判定区分Ⅲの橋梁がない状態にすることが可能である。
- その後は、単年度予算を4億円とすることで判定区分Ⅲの橋梁がない状態での管理が可能である。

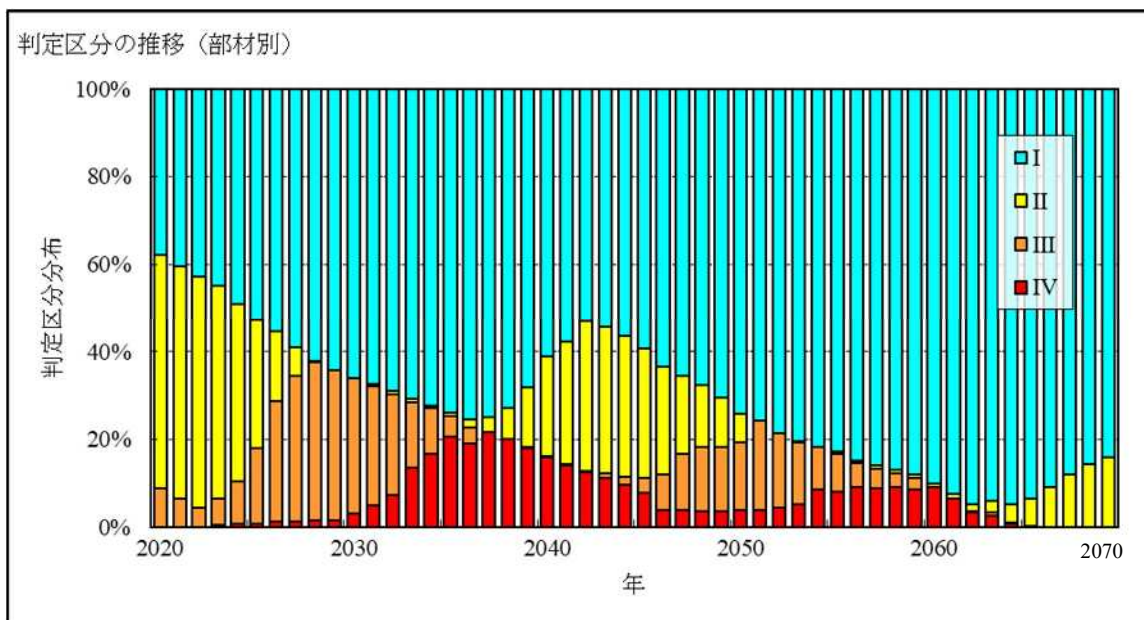
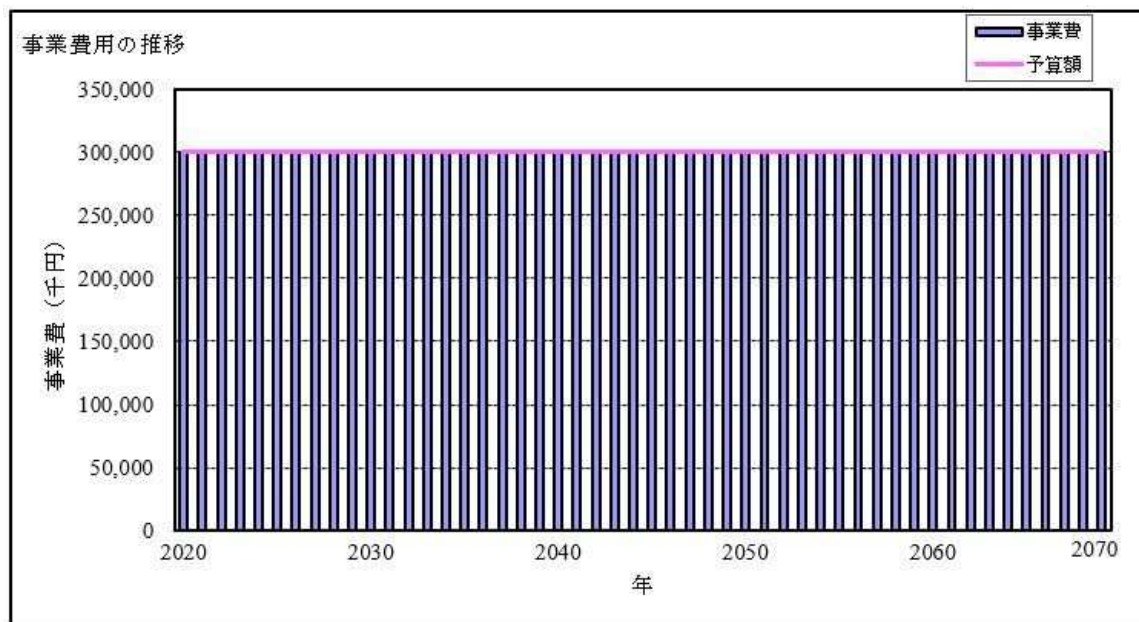
《Case1》 【LCC 最適型(初期投資重点型)】

- ・ 2020 年に年間約 20 億円の初期投資が必要(現在の判定区分Ⅲ)
- ・ 2025 年頃に 4 年平均約 20 億円の追加投資が必要(現在の判定区分Ⅱ)
- ・ 2045 年頃に 3 年平均約 18 億円の追加投資が必要(現在の判定区分Ⅰ)



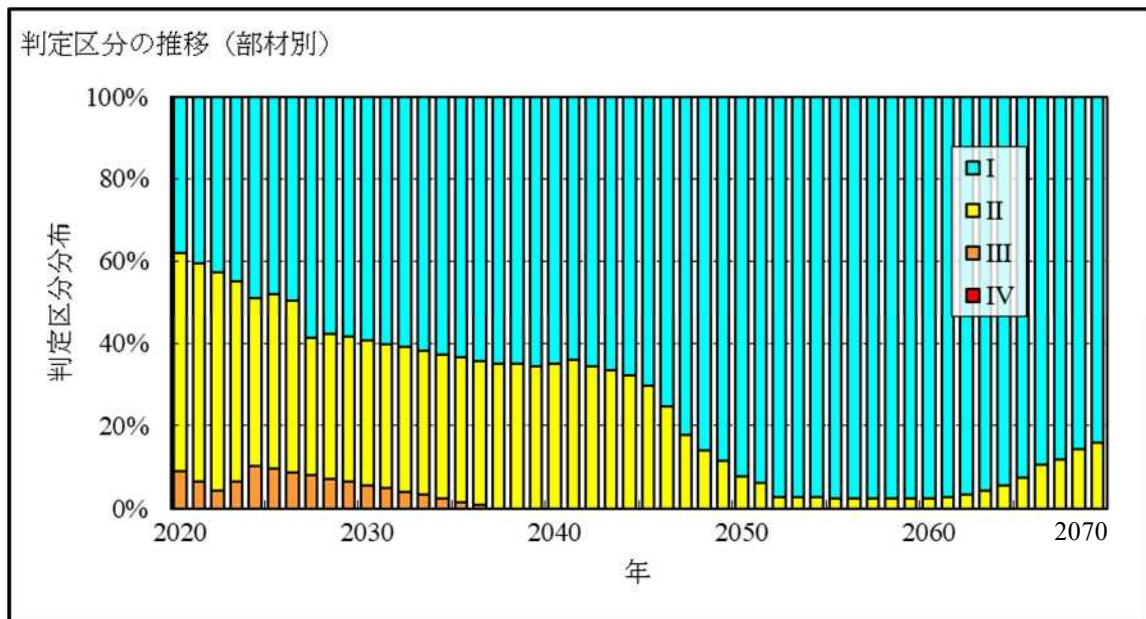
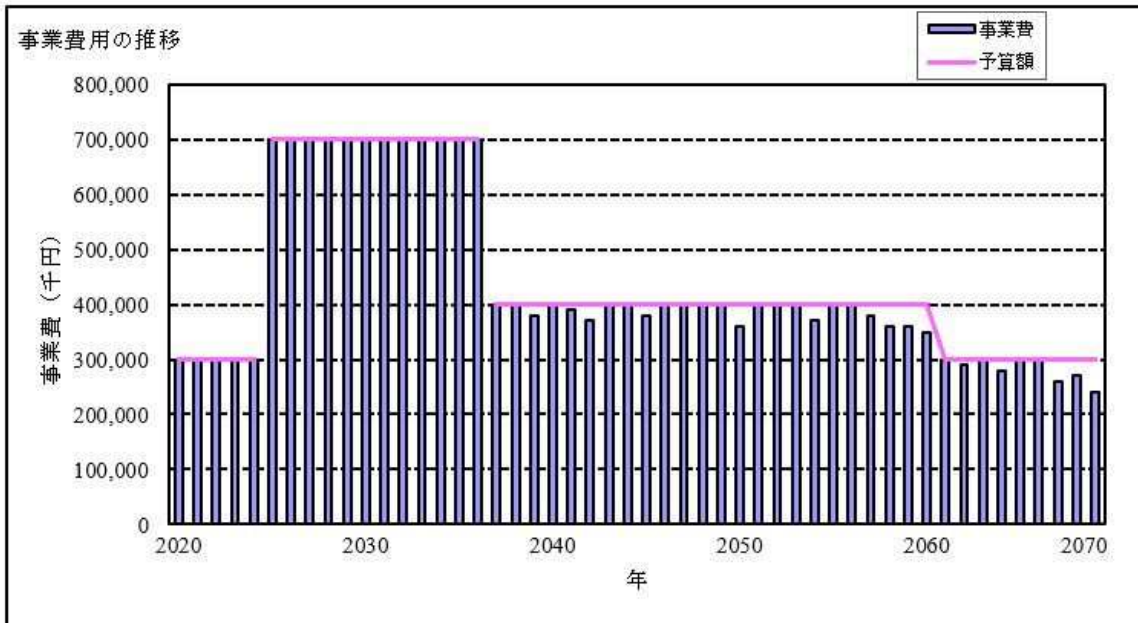
◀Case2▶ 【3億円均一型（予算制約型）】

- ・ 2025年頃から判定区分IVが発生



《Case3》【予防保全型（予算制約型）】

- ・ 2025 年度から 2036 年度の単年度予算を 7 億円に加算することで判定区分Ⅲの橋梁がない管理状態にすることが可能
 - ・ 2037 年度以降は単年度予算 4 億円で適切な維持管理が可能
- ※橋梁の統廃合等を実施することが可能であれば事業費削減が可能



4.10 新技術等の活用方針

橋梁の定期点検や修繕等の実施にあたっては、費用の縮減や事業の効率化などを図るための比較検討において、新技術情報提供システム（NETIS）に登録された有用な新技術等の活用の検討を行います。

4.11 費用の縮減に関する具体的な方針

橋梁については、本計画に基づいて、劣化が顕著に現れる前に修繕を実施し、ライフサイクルコストの縮減に取り組むとともに、新技術等を活用することで、修繕等に要する費用の縮減に取り組めます。

また、社会経済情勢や施設の利用状況の変化等に応じた施設の集約化・撤去についても、地元の意見等をふまえながら検討を行い、費用の縮減を目指します。

5. 橋梁長寿命化修繕計画の効果

薩摩川内市の橋梁長寿命化修繕計画策定の効果検証のため、今後の予防保全型修繕とこれまでの事後保全型修繕(架替型)での費用を以下の条件で比較検討した。

《予防保全型修繕》

- ・ 4.9 (3) Case3 のとおり予防保全的な維持管理を実施する

《事後保全型修繕(架替型)》

- ・ コンクリート橋を 60 年、鋼橋を 45 年で架替とする



●今後 50 年間の事業費を比較すると、事後保全型修繕(掛替型)では約 380 億円に対し、本長寿命化修繕計画による予防保全型修繕では約 210 億円となり、約 170 億円(約 45%)の費用削減が見込まれる。

●更に、橋梁の利用制限や統廃合が可能であれば、更なる費用削減が可能となる。

6. 事後評価

本修繕計画の妥当性を確認し改善するために、定期的に事後評価を行い、必要に応じて計画の見直しを行う。

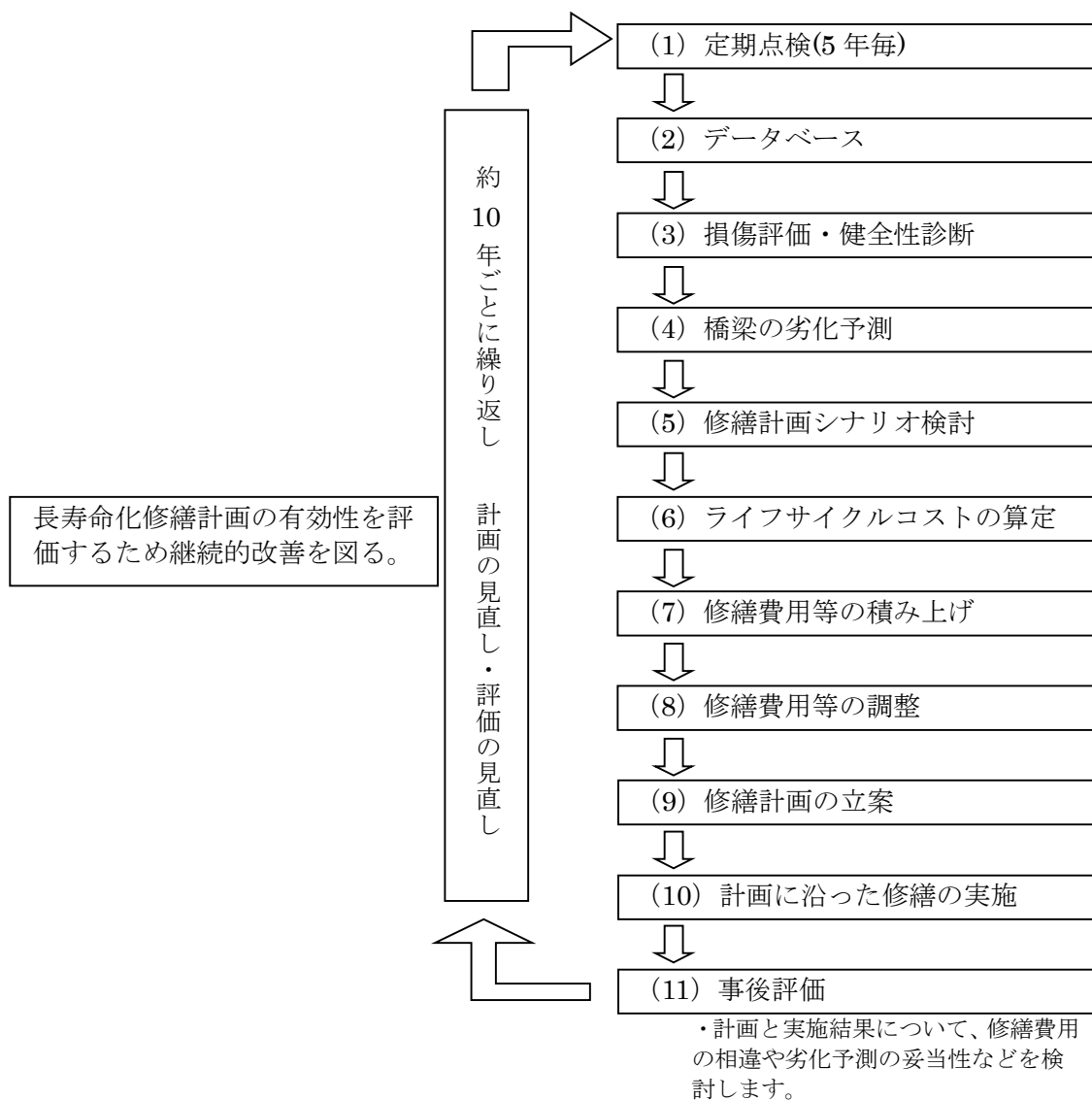


図 6.1 橋梁長寿命化修繕計画策定の流れ

7. 意見を頂いた学識経験者

本計画は「第2次薩摩川内市橋梁長寿命化修繕計画検討委員会」を設置し、ご助言、ご指導をいただき策定した。

「第2次薩摩川内市橋梁長寿命化修繕計画検討委員会」委員

(敬称略)

委 員	職 名	氏 名
委 員 長	鹿児島大学大学院 理工学研究科 教 授	山 口 明 伸
副 委 員 長	鹿児島大学大学院 理工学研究科 准 教 授	審 良 善 和
委 員	鹿児島大学大学院 理工学研究科 教 授	武 若 耕 司
委 員	国土交通省 九州地方整備局 技 術 鹿児島国道事務所 副 所 長	五 反 田 信 幸
委 員	鹿児島県 北薩地域振興局 建 設 部 長	中 迫 隆 義
委 員	薩摩川内市 建 設 部 長	泊 正 人

「第2次薩摩川内市橋梁長寿命化修繕計画検討委員会」オブザーバー

機 関 名
(公財) 鹿児島県建設技術センター
(一社) 構造物診断技術センター
株式会社 大進
新和技術コンサルタント 株式会社
株式会社 久永コンサルタント

〈これまでの経緯〉

- ・平成25年度（第1次）薩摩川内市橋梁長寿命化修繕計画検討委員会設置
(委員5名)
- ・令和元年度 第2次薩摩川内市橋梁長寿命化修繕計画検討委員会設置
(委員6名、オブザーバー5機関)

「第2次薩摩川内市橋梁長寿命化修繕計画策定業務受注業者」

機 関 名
中央テクノ 株式会社

個別計画一覧表

