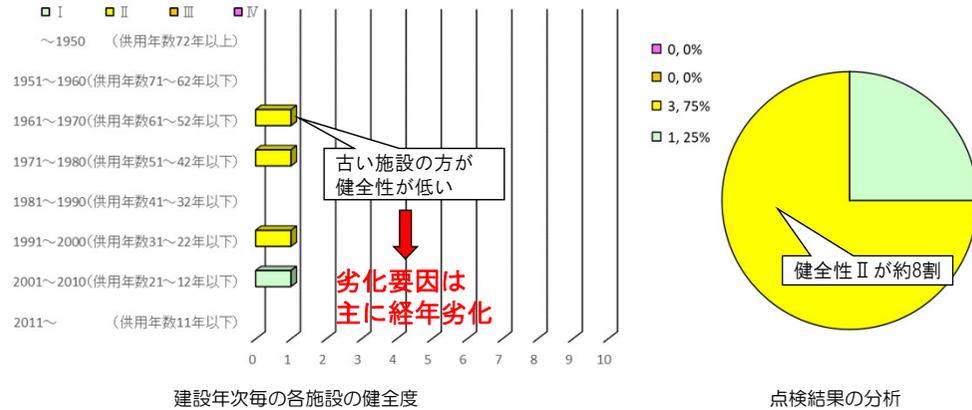


## 背景・目的

### 大田原市の管理する施設(トンネル及びカルバート)

大田原市の管理するトンネル1施設、カルバート3施設(2023年3月現在)に対して、長寿命化修繕計画の見直しを行い、計画を策定しました。今回対象とする施設に対して、建設年次別の各施設の健全度を以下のグラフに整理しました。健全性Ⅰの施設が25%を占め、予防保全が望まれる健全性Ⅱの施設が75%を占める結果となり、供用年数によって健全度に差が生じていることから、劣化要因は経年劣化によるものと想定されます。今後、建設後50年以上になる高齢化施設数は急激に増加すること、経年劣化による管理施設の維持管理費用を抑制していくことが課題となります。



### 変状状況(トンネル及びカルバート)



### 長寿命化修繕計画の目的

これまでの対症療法的な対策から、損傷が比較的軽微な段階で予防的な対策の実施へと転換することにより、次の事項の実現を目指します。

#### ● 道路交通の安全性確保(サービス水準の確保、施設の安全性の確保)

定期的に点検を実施し、施設に生じる損傷を早期に発見し、より効果的な対策を実施することにより、道路交通の安全性を確保します。

#### ● 財政支出の縮減・予算の平準化

施設の修繕費用を長期的な視点から縮減し、かつ対策費用が一定時期に集中することを回避します。

## 長寿命化修繕計画の対象施設

大田原市トンネル長寿命化修繕計画は、大田原市が管理するトンネル1施設、カルバート3施設を対象に実施します。

## 長寿命化修繕計画の基本方針

### 老朽化対策

#### ● 定期点検等の実施

発生している損傷や変状を早期に発見し、必要な対策を適切に行うため、5年毎の定期点検および道路パトロールを下表のとおり実施します。

点検名称	道路パトロール	定期点検
点検内容	日常の通行安全性・使用性の確認(パトロール車両による)	トンネルの安全性・使用性・耐久性の確認
点検者	市職員	専門家、市職員

#### ● 予防的な修繕対策の実施

損傷状況に応じて予防保全による修繕の効果が高いと判断できる場合には、計画的に修繕を実施します。

長寿命化や対策費用の縮減(ライフサイクルコスト)を実現するため、次の視点で対策を実施します。

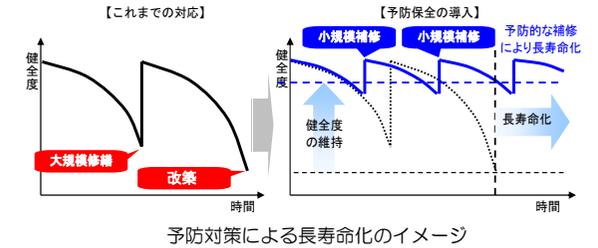
■ 損傷が顕著になる前に、小規模な予防的修繕を計画的に実施

■ 大田原市の損傷の特徴を踏まえ、対策費用の縮減を図った、より効果的な対策を検討

対策例：寒冷地仕様コンクリート注入材  
高伸度型シートとウレタン樹脂によるはく落防止工

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 応急措置段階	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

【出典:道路トンネル定期点検要領 H31.3 国土交通省 道路局】



### 事業費の縮減

#### ● 定期点検、修繕

点検、修繕等の事業費を縮減するため、全ての施設に対して新技術等の活用や事業効率化等の検討を実施します。令和9年度までに、修繕予定の3施設でひび割れ注入工においてハイブリットエポキシ樹脂等の技術を活用し、従来技術を活用した場合と比較して0.21百万円以上のコスト縮減を目指す。



ひび割れ注入工 はく落防止工

修繕コスト縮減や事業効率化の検討



### メンテナンスサイクルの実践

今後も継続的に効率的・効果的な維持管理を目指すため、修繕工事の事後評価を行い、長寿命化修繕計画の基本方針、策定方法の見直しを実施していきます。

● 計画策定担当部署：栃木県大田原市 建設水道部 道路課 TEL0287-23-8717

---

大田原市トンネル長寿命化修繕計画  
(カルバート含む)

---

令和6年12月

栃木県大田原市

---

# 目 次

---

	Page
<b>§ 1 長寿命化修繕計画の目的</b> -----	<b>1</b>
1-1 背景 -----	1
1-2 現状 -----	1
1-3 目的 -----	3
<b>§ 2 長寿命化修繕計画の基本方針</b> -----	<b>4</b>
2-1 メンテナンスサイクルの確立 -----	4
2-2 前回の長寿命化修繕計画からの変更点 -----	4
2-3 計画全体の基本方針 -----	5
2-4 長寿命化修繕計画の考え方 -----	7
2-5 中長期投資検討及び施設維持管理計画 -----	11
2-6 短期的な数値目標及びそのコスト縮減効果 -----	12
<b>§ 3 長寿命化修繕計画策定</b> -----	<b>16</b>
<b>§ 4 長寿命化修繕計画の効果</b> -----	<b>17</b>
4-1 コスト縮減額 -----	17

以上 17 頁

## §1 長寿命化修繕計画の目的

### 1-1 背景

大田原市では2009年度に「大田原市トンネル長寿命化修繕計画」を作成し、大田原市が管理するトンネル1箇所、カルバート3箇所の長寿命化修繕計画を行ってきた。

2012年12月2日に起こった笹子トンネル天井板落下事故を機に国土交通省では本格的にメンテナンスサイクルを回すための取組みに着手した。

本計画は、道路トンネル定期点検要領の改定、道路メンテナンス事業制度とその改正に伴い、「トンネル長寿命化修繕計画」の見直しを行うものである。

### 1-2 現状

#### 管理施設の健全度・特性

##### 1) 健全性の診断結果

最新の点検結果を踏まえ、対象施設の健全度について整理する。

以下に、対象施設の健全性の診断結果を示す。

表-1.2.1 健全性の診断結果一覧（トンネル）

トンネル				
番号	施設名	点検年度	建設年次（西暦）	健全性の診断
1	木佐美南方トンネル	2023	2009年 → 14年経過（点検時）	Ⅱ

- ※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：応急措置段階（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）

表-1.2.2 健全性の診断結果一覧（カルバート）

カルバート				
番号	施設名	点検年度	建設年次（西暦）	健全性の診断
1	愛吉トンネル	2023	1969年 → 54年経過（点検時）	Ⅱ
2	無名橋	2023	1999年 → 24年経過（点検時）	Ⅱ
3	無名橋	2023	1971年 → 52年経過（点検時）	Ⅱ

- ※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：応急措置段階（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) 点検結果の分析

施設単位の健全性をまとめた結果を下記に示す。下記の結果より、予防保全が望まれる健全性Ⅱの施設が100%を占め、早期措置が望まれる健全性Ⅲの施設は認められない。

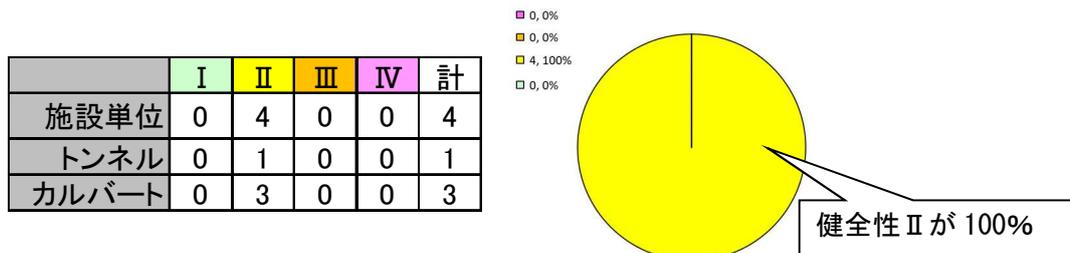
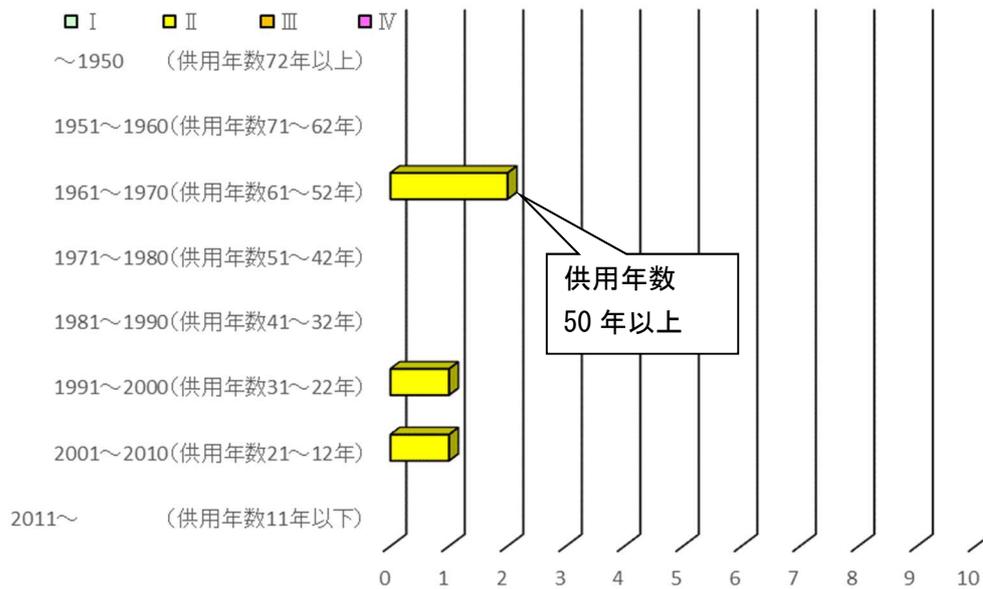


図-1.2.1 点検結果の分析（トンネル、カルバート）

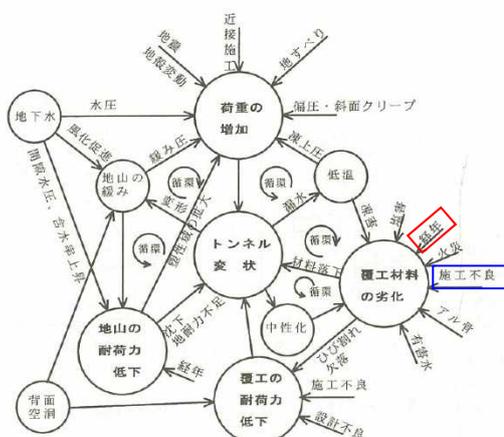
建設年次毎の各施設の健全性の整理結果を示す。供用年数が 50 年を超える施設が半数を占める。経年劣化により、次回点検以降に健全性Ⅲとなることが懸念される。



全体	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
~1950 (供用年数72年以上)				
1951~1960(供用年数71~62年)				
1961~1970(供用年数61~52年)		2		
1971~1980(供用年数51~42年)				
1981~1990(供用年数41~32年)				
1991~2000(供用年数31~22年)		1		
2001~2010(供用年数21~12年)		1		
2011~ (供用年数11年以下)				
計	0	4	0	0

図-1.2.2 点検結果の分析 (トンネル、カルバート)

以下に、変状要因の関係を示す。変状要因を考える場合、単独の原因の変状が顕著化することは希であり、各種の原因が複合して発生するケースが多いことに留意する必要がある。



左図のうち、本業務対象施設の主な劣化要因は「材料の劣化 (経年)」を想定する。  
ただし、各種の原因が複合して発生するケースが多いことから、その他要因として「材料の劣化 (施工不良)」等も考えられる。

引用：トンネル・ライブラリー第 12 号 山岳トンネル覆工の現状と対策、土木学会 (p.65)

## 1-3 目的

### 現状の課題

#### ①補修費の増大

土木工事費は、労務単価や資材単価の上昇の影響で年々増加してきている。近年では、施設の維持管理にかかる費用はさらに増加傾向にある。

#### ②将来への懸念

建設 50 年を超える高齢化施設が半数を占める。これらの補修対象予備軍が、数十年後に補修工事が必要となり財政を圧迫する。

以上より、今すぐに予防保全へ移行しなければ必要予算が膨らみ、安全な施設を維持出来ない。

### 計画の目的

大田原市の長寿命化修繕計画における目的は、以下の通りである。

**市民の日常を支える交通を守るため、道路ネットワークの要であるトンネルを維持する。**

- ✓ 施設長寿命化  
損傷の早期発見・早期措置で施設の寿命を延長
- ✓ 予防保全への転換  
事後保全型から予防保全型へ移行し、Ⅲ判定にさせない
- ✓ コスト縮減  
新技術等の活用で現実的な費用縮減目標を設定
- ✓ 予算平準化  
中長期の投資額を検討し健全性を維持できる費用を設定

## § 2 長寿命化修繕計画の基本方針

### 2-1 メンテナンスサイクルの確立

予防保全型管理を継続するためには、長寿命化計画の作成 (Plan)、点検・措置等の実施 (Do)、評価 (Check)、改善 (Action) によるメンテナンスサイクル (PDCA サイクル) の構築が不可欠となる。

本計画は Plan に位置し、立案した計画を基にして毎年実施する点検結果及び措置結果を反映することで、今後も PCDA サイクルを継続していく。

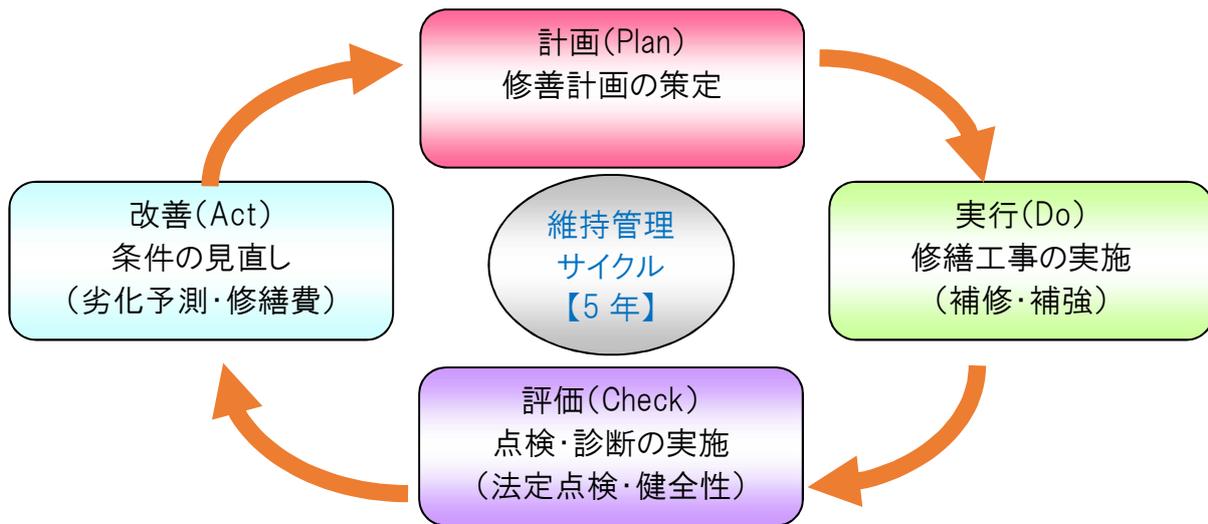


図-2.1.1 PDCA サイクルによる橋梁の維持管理

### 2-2 前回の長寿命化修繕計画からの変更点

- (1) 計画の精度向上
  - ✓ 補修単価・工法の見直し (労務単価、資材単価、実績額による見直し)
  - ✓ 中長期投資検討による必要予算額の見直し
- (2) 更なる費用縮減策
  - ✓ 新技術等の活用を検討し、事業の効率化やコスト縮減を図る

## 2-3 計画全体の基本方針

### 2-3-1 トンネル

#### (1) 老朽化対策における基本方針

##### ① 点検

- ✓ トンネルの法定点検は国の最新基準に則り実施することとし、5年に1回の頻度で行うことを基本とする。
- ✓ また、必要に応じて触診や打音等の非破壊検査等を併用して行う。

##### ② 修繕

- ✓ 法定点検より、変状状況に応じた修繕を実施する。
- ✓ 現在、大田原市の管理するトンネルは「健全度：Ⅱ」となる木佐美南方トンネルの計1施設である。今後、損傷状況に応じて予防保全による修繕の効果が高いと判断できる場合には、計画的に修繕を実施する。

#### (2) 新技術等の活用方針

- ✓ トンネルの法定点検や修繕等の実施に当たっては、全ての施設に対して新技術情報提供システム(NETIS)や点検支援技術性能カタログ(案)などを参考に、新技術等の活用が可能な検討し、事業の効率化やコスト縮減を図る。
- ✓ 特に修繕費用は、多くの割合を占めるひび割れ注入工とはく落防止工は、新技術等を活用することによりコスト縮減や事業効率化を図れるか検討した上で効果が認められる場合は積極的に活用する。

上記に示した新技術等の検討は、「NETIS 登録技術」、「点検支援技術性能カタログに掲載されている技術」に加え、メーカーの新製品等で従来技術と比較してコストの縮減や事業の効率化等が期待される技術等を対象とする。

#### (3) 費用の縮減に関する具体的な方針

##### ③ 点検・修繕

- ✓ 点検、修繕等の事業費を縮減するため、新技術等の活用や事業効率化等の検討を実施し、コスト縮減対策に活用可能な新技術等は、継続的な調査・監視を行い、さらなるコスト縮減に努める。
- ✓ 管理するトンネル（「健全度：Ⅱ」となる木佐美南方トンネルの計1施設）で新技術を活用し、従来技術を活用した場合と比較して0.38百万円以上のコスト縮減を目指す。

具体事例①：ひび割れ注入工の新技術検討

具体事例②：はく落対策工の新技術検討

## 2-3-2 カルバート

### (1) 老朽化対策における基本方針

#### ① 点検

- ✓ カルバートの法定点検は国の最新基準に則り実施することとし、5年に1回の頻度で行うことを基本とする。
- ✓ また、必要に応じて触診や打音等の非破壊検査等を併用して行う。

#### ② 修繕

- ✓ 法定点検より、変状状況に応じた修繕を実施する。
- ✓ 現在、大田原市の管理するカルバートは「健全度：Ⅱ」となる愛吉トンネル・無名橋・無名橋の計3施設である。今後、損傷状況に応じて予防保全による修繕の効果が高いと判断できる場合には、計画的に修繕を実施する。

### (2) 新技術等の活用方針

- ✓ カルバートの法定点検や修繕等の実施に当たっては、全ての施設に対して新技術情報提供システム(NETIS)や点検支援技術性能カタログ(案)などを参考に、新技術等の活用が可能か検討し、事業の効率化やコスト縮減を図る。
- ✓ 特に修繕費用は、多くの割合を占めるひび割れ注入工とはく落防止工は、新技術等を活用することによりコスト縮減や事業効率化を図れるか検討した上で効果が認められる場合は積極的に活用する。

上記に示した新技術等の検討は、「NETIS 登録技術」、「点検支援技術性能カタログに掲載されている技術」に加え、メーカーの新製品等で従来技術と比較してコストの縮減や事業の効率化等が期待される技術等を対象とする。

### (3) 費用の縮減に関する具体的な方針

#### ③ 点検・修繕

- ✓ 点検、修繕等の事業費を縮減するため、新技術等の活用や事業効率化等の検討を実施し、コスト縮減対策に活用可能な新技術等は、継続的な調査・監視を行い、さらなるコスト縮減に努める。
- ✓ 管理するカルバート（「健全度：Ⅱ」となる愛吉トンネル・無名橋・無名橋の計3施設）で新技術を活用し、従来技術を活用した場合と比較して0.21百万円以上のコスト縮減を目指す。

具体事例①：ひび割れ注入工の新技術検討

具体事例②：はく落対策工の新技術検討

## 2-4 長寿命化修繕計画の考え方

### 対象施設及び計画期間

- ✓ 対象施設は、大田原市が管理するトンネル1箇所、カルバート3箇所（2023年3月時点）とする。
- ✓ 計画期間は2021年度から2027年度までの7年間とし、個別施設の点検、措置の実施時期を整理する。

### 健全度の把握

- ✓ 施設毎の健全度の把握は、法定点検の実施によることを基本とする。
- ✓ 法定点検の頻度は、5年に1回の頻度で大田原市が管理する全ての施設に対して、「道路トンネル定期点検要領（国土交通省道路局）」に準拠した近接目視点検で行うことを基本とする。

### 施設の維持管理指標

- ✓ 施設の維持管理指標は、法定点検により確認した施設の損傷状態に基づき設定するものとし、判定区分Ⅰ（健全）、Ⅱ（予防保全段階）、Ⅲ（早期措置段階）、Ⅳ（緊急措置段階）の4段階に区分する。

点検結果の分類は、道路法施行規則第4条の5の5第2項に定められた表-2.4.1に示す4段階に区分する。

表-2.4.1 維持管理指標

区分		定義
Ⅰ	健全	道路トンネルの機能に支障が生じていない状態。
Ⅱ	予防保全段階	道路トンネル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	道路トンネル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	道路トンネル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。

## 対策優先順位の考え方

### (1) 対策優先度

- ✓ 限られた予算の中で、健全性の低い施設の中から優先的に補修を実施していく必要がある。そこで、長寿命化修繕計画において補修を行う優先順位を設定する。
- ✓ 修繕計画における補修順序は、健全性の区分Ⅳ→Ⅲ→Ⅱの順で行う。
- ✓ 各健全性の区分の中での補修順序は、「健全度」及び「重要度」から定める「優先度」により計画的に実施する。

施設毎の損傷状況は、同一の健全性の区分（ⅡまたはⅢ）であっても損傷状況に相違があるため、「損傷重度」と「損傷軽度」に分類して補修の優先順位を設定する。

各健全性の区分の中での補修優先度は、構造物の健全度を指標とすることを基本とするが、利用者の多い施設や重要路線の施設を先に対策することが利用者へのサービス向上やリスク回避につながるため、劣化状況以外に施設自体の重要性を評価し、対策の優先順序に反映する。これにより効果的な維持管理につながる。

よって、路線の特徴や立地条件、利用者・周辺住民に対する影響等を評価した重要度（利用性、耐久性等）を考慮した総合的な評価により行う。

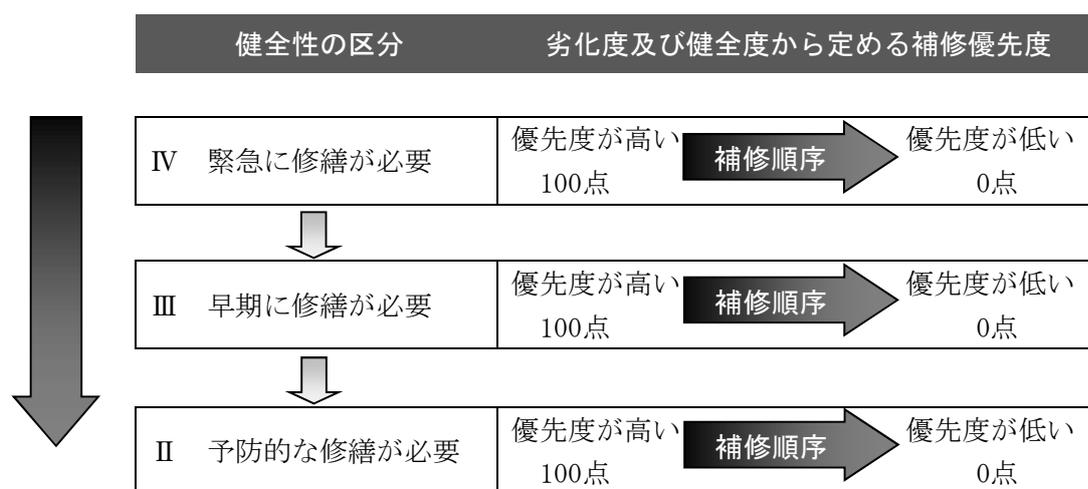


図-2.4.1 補修順序の考え方

## (2) 健全度評価手法

- ✓ 健全度は、「道路トンネル定期点検要領、平成31年2月、国土交通省 道路局」「シェッド、大型カルバート等定期点検要領、平成31年2月、国土交通省 道路局」の健全性を基に、4つの判定に区分するものとする。

表-2.4.1 判定区分

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

## (3) 重要度評価手法

重要度は、路線種別と交通容量（車道幅員）に着目した路線の重要度の評価を考える。

下表に示す具体的内容に対して重み係数を設定し、加重平均法により100点満点で算定した。

表-2.4.2 路線の重要度の決定

重要度指標	重み	具体的事項	評価点
路線種別	0.7	該当なし	25
		その他	50
		2級路線	75
		1級路線	100
交通容量 (車道幅員)	0.3	4m未満	25
		4m以上6m未満	50
		6m以上12m未満	75
		12m以上	100

参考：「地下空間・ライブラリー第1号 地下構造物のアセットマネジメント—導入に向けて—、2015年、土木学会」(p.163)

なお、大田原市の特性を考慮して、路線種別に重きを置いた検討を実施している。交通量(台/日)については、指標に含まないこととした。

## 維持管理水準の設定

- ✓ 長寿命化修繕計画を立案するにあたり、目標とする管理水準を設定する。

維持管理水準は、H31.2 定期点検要領の「健全性の区分」にて設定する。理想的な目標としては、「健全性Ⅰ：当面の修繕は不要」レベルであるが、現状では健全性Ⅲが増加していること、補修工事予算の関係から、当面の目標として維持管理水準は、「健全性Ⅱ：予防的な修繕が望ましい」とする。

表-2.4.2 健全性の判定区分（目安）

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	応急措置段階	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

↑  
維持管理  
水準

## 健全度に応じた概算工事費の設定

- ✓ 概算工事費は、補修費及び架替え費を算出する。
- ✓ 補修費は、健全度に応じた標準的な修繕・補修工事を想定し、想定した工事の概算工事費を算出することにより行う。
- ✓ 改築費は、過去の実績から施設延長に応じて単価を設定する。

対策工法は損傷程度により変化する。例えば、損傷が顕著になった段階で修繕を実施する場合は、補強を伴う大規模な修繕が必要となる。しかし、早期に損傷を補修する予防保全の場合、損傷が軽度であるために補修費用は少なくなる。

対策工法は図-2.4.3 に示すように健全度により工法を設定し、補修費用を算出する。

将来の健全度は、現在の部材損傷状況から劣化曲線を設定して推定する。

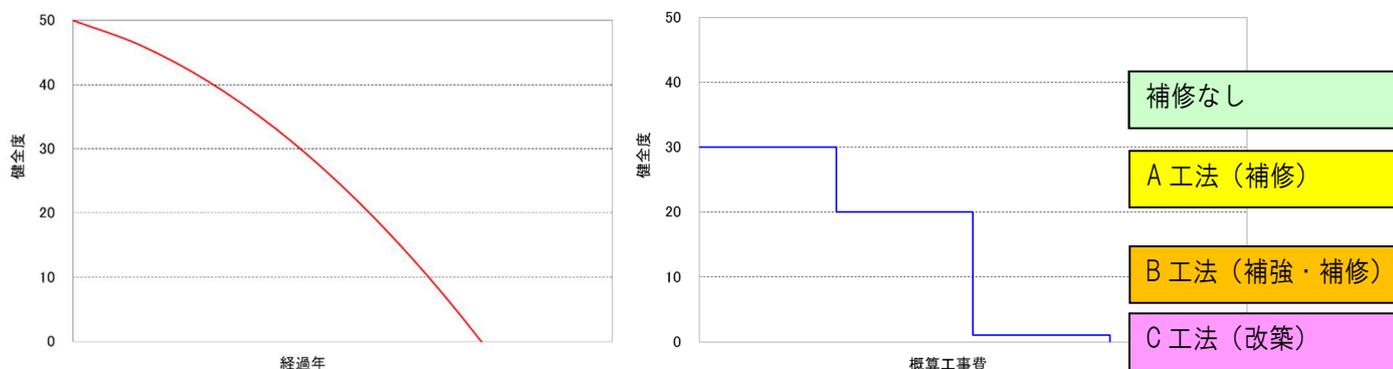


図-2.4.3 健全度と対策工法の概算工事費のイメージ

## 2-5 中長期投資検討及び施設維持管理計画

- ✓ 施設維持管理計画は、修繕計画および改築計画より個別の施設ごとに対策内容、対策時期、順位を決定し、今後5年間の計画として取りまとめる。施設維持管理計画では、特定の年度に対策費用が集中しないよう、バランスを取った計画が重要になる。そのため、修繕の優先度を考慮し、対策費用の平準化を図りながら計画していくこととする。
- ✓ 施設維持管理計画に必要な年度予算は、将来状態の劣化予測より建設後100年の投資額を検討する「中長期投資検討」によるシミュレーションを行い、最適な投資額を算出する。

### (1) 中長期投資検討

中長期投資検討は、設定した劣化予測モデルを基に、将来の損傷状況の変化を予測して、最適投資額や投資時期を計画する（図-2.5.1）。

年間予算の検討は、従来からの事後保全型修繕から予防保全型修繕への転換を図るため、軽微な損傷のうちに補修を実施することで総補修費を抑える。

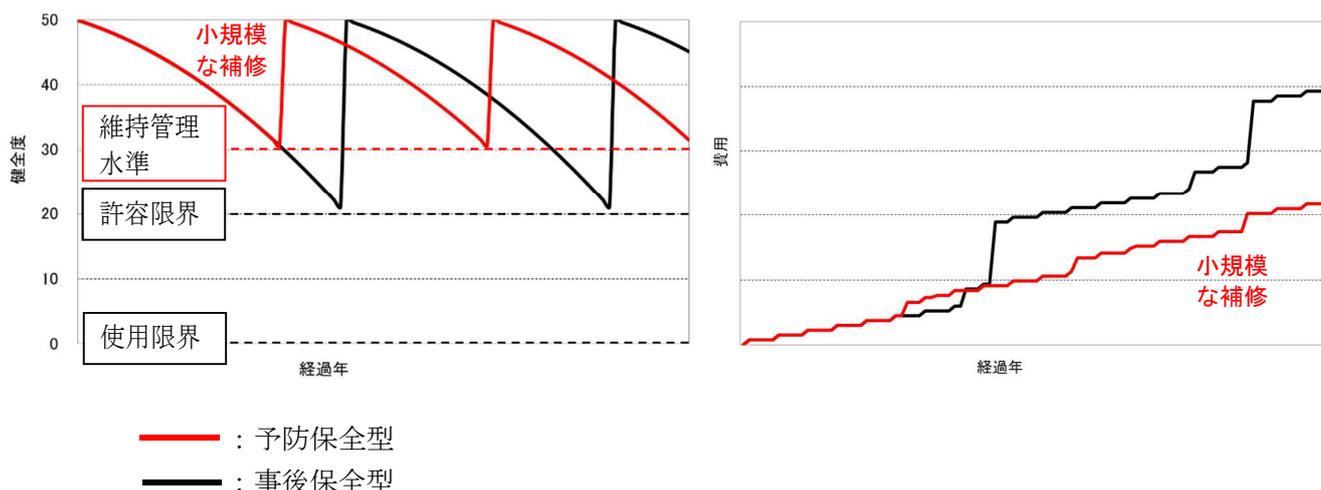


図-2.5.1 補修工事費設定のイメージ

中長期投資計画（建設後100年）における投資シミュレーションを実施するにあたり、下記の内容に着目して検討ケースを設定する。

ケース	対策シナリオ
Case-1	事後保全型 健全度 0（使用限界）を迎える前段階で、「改築」を実施。
Case-2	事後保全型 健全度 20（許容限界）を迎える前段階で、「補強・補修」を実施。
Case-3	予防保全型 健全度 30（維持管理水準）を迎える前段階で、「補修」を実施。

## 2-6 短期的な数値目標及びそのコスト縮減効果

### 2-6-1 トンネル

- ✓ 法定点検と補修設計時に、コスト縮減や事業効率化を図るために新技術等の活用が可能な検討を実施する。管理するトンネル（「健全度：Ⅱ」となる木佐美南方トンネルの計1施設）で新技術を活用する。
- ✓ 令和9年度までに、修繕予定の1施設でひび割れ注入工において寒冷地仕様コンクリート注入材、はく落防止工において高伸度型シートとウレタン樹脂の技術を活用し、従来技術を活用した場合と比較して0.38百万円以上のコスト縮減を目指す。
- ✓ 法定点検により、損傷状況に応じて予防保全による修繕の効果が高いと判断できる場合には、計画的に修繕を実施する。
- ✓ 管理するトンネルについては代替路線がないため撤去は困難である。

#### 【コスト縮減の試算】

修繕費のうち、多くの割合を占めるひび割れ注入工とはく落防止工は、新技術等を活用することによりコスト縮減や事業効率化を図れるか検討した上で効果が認められる場合は積極的に活用する。

具体事例①：寒冷地仕様コンクリート注入材（トンネル）

表-2.6.1 ひび割れ注入工比較用

トンネル	従来技術 (百万円)	新技術 (百万円)	縮減効果 (百万円)
ひび割れ 注入工	0.10	0.03	0.07

※補強鉄筋区間の開口幅0.5mmアーチ部縦断方向ひび割れを対象

具体事例②：高伸度型シートとウレタン樹脂（トンネル）

表-2.6.2 はく落防止工比較用

トンネル	従来技術 (百万円)	新技術 (百万円)	縮減効果 (百万円)
はく落 対策工	0.61	0.30	0.31

※アーチ部はく落が認められた目地部を対象

ひび割れ注入工において寒冷地仕様コンクリート注入材、はく落防止工において高伸度型シートとウレタン樹脂の技術を活用し、従来技術を活用した場合と比較して0.38百万円以上のコスト縮減を目指す。

## 2-6-2 カルバート

- ✓ 法定点検と補修設計時に、コスト縮減や事業効率化を図るために新技術等の活用が可能か検討を実施する。管理するカルバート（「健全度：Ⅱ」となる愛吉トンネル・無名橋・無名橋の計3施設）で新技術を活用する。
- ✓ 令和9年度までに、修繕予定の3施設でひび割れ注入工においてハイブリットエポキシ樹脂、はく落防止工においてはウレアウレタン樹脂の技術を活用し、従来技術を活用した場合と比較して0.21百万円以上のコスト縮減を目指す。
- ✓ 法定点検により、損傷状況に応じて予防保全による修繕の効果が高いと判断できる場合には、計画的に修繕を実施する。
- ✓ 管理するカルバートについては代替路線がないため撤去は困難である。

### 【コスト縮減の試算】

修繕費のうち、多くの割合を占めるひび割れ注入工と剥落防止工は、新技術等を活用することによりコスト縮減や事業効率化を図れるか検討した上で効果が認められる場合は積極的に活用する。

具体事例①：ハイブリットエポキシ樹脂（カルバート）

表-2.6.3 ひび割れ注入工比較用

カルバート	従来技術 (百万円)	新技術 (百万円)	縮減効果 (百万円)
ひび割れ 注入工	0.63	0.54	0.09

※対策区分C1のひび割れを対象

具体事例②：ウレアウレタン樹脂（カルバート）

表-2.6.4 剥落防止工比較用

カルバート	従来技術 (百万円)	新技術 (百万円)	縮減効果 (百万円)
剥落 防止工	1.24	1.12	0.12

※対策区分C1の剥離・鉄筋露出、うきを対象

ひび割れ注入工においてハイブリットエポキシ樹脂、はく落防止工においてはウレアウレタン樹脂の技術を活用し、従来技術を活用した場合と比較して0.21百万円以上のコスト縮減を目指す。

【コスト削減額の試算】

＜点検＞

法定点検は従来通りの実施とする。高度化を目的に新技術を活用する際は「一般車両搭載型トンネル点検システム（技術番号：TN010007-V0222）」の採用を予定する。

費用の縮小や効率化が図れる状況（従来点検との併用不要、大幅な現地作業効率化が見込める等）になる段階を目的に、新技術を積極的に活用する。

画像計測技術の比較(大田原市管理:1トンネル、3カルバート) 総延長418.1m

技術番号	1案 TN010005-V0121	2案 TN010006-V0221	3案 TN010007-V0222	4案 TN010008-V0322	
技術名	社会インフラモニタリングシステム (MMSD II)	走行型高速3Dトンネル点検システム MMM(Mーーム)	一般車両搭載型トンネル点検システム	トンネル覆工表面撮影システム	
開発社名 ※下線はヒアリング先	三菱電機株式会社	パシフィックコンサルタンツ(株) 計測検査部	株式会社リコー	㈲三井E&Sマシナリー 株式会社ノックス	
写真 (計測車両)					
成果品例					
技術概要 (点検支援性能カタログより引用) ※下線は他社と明確な違いが認められる事項	三菱インフラモニタリングシステム(MMSD II)は、8Xラインカメラ、高密度レーザーを搭載し、交通規制を行わずに走行しながらトンネル覆工面や路面を計測する技術である。計測した結果は、 <u>高解像度画像データ・3次元点群データとして出力する</u> 。これらのデータを三菱電機が独自に開発したソフトウェアにより解析し、ひび割れ、遊離石、漏水等の変状を抽出する。抽出した変状は変状展開図や変状写真台帳として出力可能。	トンネル覆工壁面の連続画像撮影システムを車両に搭載し、覆工表面ひび割れや漏水等の変状を計測する。走行型計測結果により覆工壁面展開図および変状展開図を作成することで、変状位置を正確に把握することが可能となることから、高品質な変状展開図を作成することが可能となる。	一般車両に搭載したトンネル壁面計測装置とその展開図像を利用した測量作成支援のソフトである。計測装置は、複数のモノクロの撮写速度域大ラインカメラ(※)と単色光のライン照明で構成され、40km/h程度で走行しながらトンネルの覆工部の画像を撮影する。画像処理技術により作成した(覆工面の)展開図像では、本体工における最小幅0.3mmのひび割れや漏水・チョーキング等の変状や附属物のねじの緩み等(白いマーク)を判別可能である。※撮写速度域拡大カメラは通常のレンズと比べ、明るさを維持したままピントの合う範囲を4-5倍広げることができる。「ピンボケしにくいカメラであり、リコー独自の技術である。」	トンネル覆工コンクリート表面を高輝度LED ライトで照射し、3台のカラーラインセンサカメラで高速撮影することで、覆工コンクリート表面のひび割れ等の変状を高精度に計測する専用システムである。トンネル覆工表面撮影システムは、カラーラインセンサカメラを搭載した専用車両で覆工表面を撮影しトンネル全体の展開図を作成する技術である。	
画像の品質評価・実証試験 ひび割れ 0.3mm以上3.0mm未満 事前チョーキング前提 検出精度 (2018年 北陸地方整備局)	96% (81/84)	100% (84/84)	100% (84/84)	98% (82/84)	
費用(税抜)	総額	13,677,188 円	12,598,979 円	12,477,740 円	13,029,792 円
	m単価	9,241 円/m	8,513 円/m	8,431 円/m	8,804 円/m
	評価	+1,199,448 円	+121,240 円	+0 円	+552,052 円
	△	○	◎【推奨】	△	

【検討条件】

-画像、変状展開図データの作成。(路面は含まない)

【評価】

-画像の品質・費用面を考慮し、【3案:一般車両搭載型トンネル点検システム】の採用を推奨する。

-各案における検出精度について、技術の性能確認シートに記載はあるものの、試験場所や天候など現地状況が異なる(同条件での結果ではない)ため、北陸地方整備局実証試験を参考に示す。検出精度100%の【2案、3案】に優位性が認められる。この案も、点検調査に反映するデータ(画像・変状展開図)として取り扱うことは可能であるため、費用面でも優位となる【4案:トンネル覆工表面撮影システム】の採用を考慮されるが、実証試験より人の目でチョーキングが認識出来ない画像が一部存在する。

-【1案:社会インフラモニタリングシステム(MMSD II)】は、画像と変状展開図とは別に3次元点群データを取得することで画像生成を行なシステムであり、3次元点群データを取得の費用が別途発生する。よって、他案と比較して割高となる。

【メリット】

- ・画像による記録のため、覆工コンクリートの劣化・変状箇所<sup>①</sup>の正確な位置特定が可能である。
- ・画像を取得することにより、変状箇所<sup>②</sup>の再現性に優れ、次回法定点検でも画像計測を行い、新旧の画像を対比させることで進行性の把握に有効である。

【デメリット】

- ・走行型画像計測のみでは、「うき・はく離」は検出できず、また、応急措置(叩き落とし)が実施できないため、打音検査が別途必要。
- ・走行型画像計測の実施は、現状では、従来点検の省力化までには至らず、従来点検と新技術の併用が必要のため、費用増となる。

<修繕>

補修費のうち、多くの割合を占めるひび割れ注入工とはく落防止工は、新技術等を活用することによりコスト縮減や事業効率化を図れるか検討した上で効果が認められる場合は積極的に活用する。

ひび割れ 補修工法の比較(大田原市管理:トンネル)

検討年度	平成30年度(前回業務)	令和4年度(本業務)	
対策工法名	ひび割れ注入工	ひび割れ注入工	
項目	従来技術	第1案:e-ジェッター工法:自動式低圧樹脂注入方式 NETIS登録番号:KK-190024-A	第2案:寒冷地仕様コンクリート注入材「リボキシCR-1500」 NETIS登録番号:KT-170019-A
対策概要図	<p>エポキシ樹脂にて接着 エポキシ樹脂注入材を充填 ひび割れ注入用インジェクター(20~30cm ヒップ) 樹脂注入口</p>		
工法概要	「道路トンネル維持管理便覧【本体内編】平成27年6月、日本道路協会(付-39)」に記載の対策工事例より工法を想定。カートリッジ式の樹脂注入器具を用いた低圧注入工。	コンクリートのひび割れ注入工において、低圧で連続注入を自動で行えるパネ加圧式の注入機。	リボキシ「CR-1500」シリーズは、低温環境下におけるひび割れ補修を目的とした製品で、-10℃~5℃のような低温環境下においても、低粘度であり、1日以内に硬化して十分な強度を発現する。

うき、はく離 補修工法の比較(大田原市管理:トンネル)

検討年度	平成30年度(前回業務)	令和4年度(本業務)	
対策工法名	はく落対策工	はく落対策工	
項目	炭素繊維シート	第1案:トンネルはく落対策工「ハードメッシュ」 NETIS登録番号:KT-190006-VR	第2案:トンネル小片はく落対策工「FF-TCG工法」 NETIS登録番号:KT-190047-A
対策概要図			
工法概要	「道路トンネル維持管理便覧【本体内編】平成27年6月、日本道路協会(付-45)」に記載の対策工事例より工法を想定。2方向クロス炭素繊維シート(繊維重量:200g/m <sup>2</sup> )。	高剛性の難燃性炭素繊維製グリッドとガラスメッシュを一体化したネット系のトンネルはく落対策工法。	高伸度型シートとウレタン樹脂を用いたトンネル小片はく落対策工法。

ひび割れ 補修工法の比較(大田原市管理:カルバート)

検討年度	平成30年度(前回業務)	令和4年度(本業務)	
対策工法名	ひび割れ対策工	ひび割れ対策工	
項目	リハビリシリンダー工法 NETIS登録番号:CG-110017-VR(掲載終了)	第1案:ショーボンドCAP工法 NETIS登録番号:KT-120057-VE	第2案:ハイブリッドエポキシ樹脂 NETIS登録番号:HK-170005-A
対策概要図			
工法概要	超微粒子セメント系注入材と亜硝酸ナトリウムを自動低圧注入器「リハビリシリンダー」を用いて注入する技術。	注入材を表面に塗布することでひび割れ内部に浸透させ接着できるひび割れ補修工法。	エポキシ樹脂に添加した機能性吸着材によって鉄筋やコンクリート中の塩化物イオンを吸着固定化し、塩害による鉄筋腐食の抑制と、コンクリートの補修を同時に行うことができる技術。

剥離・鉄筋露出・うき 補修工法の比較(大田原市管理:カルバート)

検討年度	平成30年度(前回業務)	令和4年度(本業務)	
対策工法名	剥落防止工	剥落防止工	
項目	超薄機スケルトンはく落防コート工法 NETIS登録番号:CG-120025-VR	第1案:超薄機スケルトンはく落防コート工法 NETIS登録番号:CG-120025-VE	第2案:ボンドVMクリア工法 NETIS登録番号:KT-210065-A
対策概要図			
工法概要	コンクリート構造物のはく落防止工及び劣化因子の対策工。透明特殊コーティング材によりガラス連続繊維シートを含ま接合し、施工後も表面異常を自視により確認できるため、維持管理に適している。	「平成30年度 橋梁・トンネル・カルバート長寿命化修繕計画」(前回)の工法であるが、VR(今後調査は必要だと評価された技術)からVE(後調査が必要ないと評価された技術)となった。	強靭で耐候性に優れた透明なウレタン樹脂を用いたコンクリート剥落防止工法。透明なウレタン樹脂に変えたことにより地下変状の視認が可能となるため、安全性の向上が図れる。



## §4 長寿命化修繕計画の効果

### 4-1 コスト縮減額

- ✓ 対象施設（トンネル1箇所、カルバート3箇所）の長寿命化修繕計画の効果は、事後保全型管理（従来型）を予防保全型管理（予算平準）に変換することで、前回点検後30年間における修繕に掛かる必要費用を2.82億円縮減可能となる。

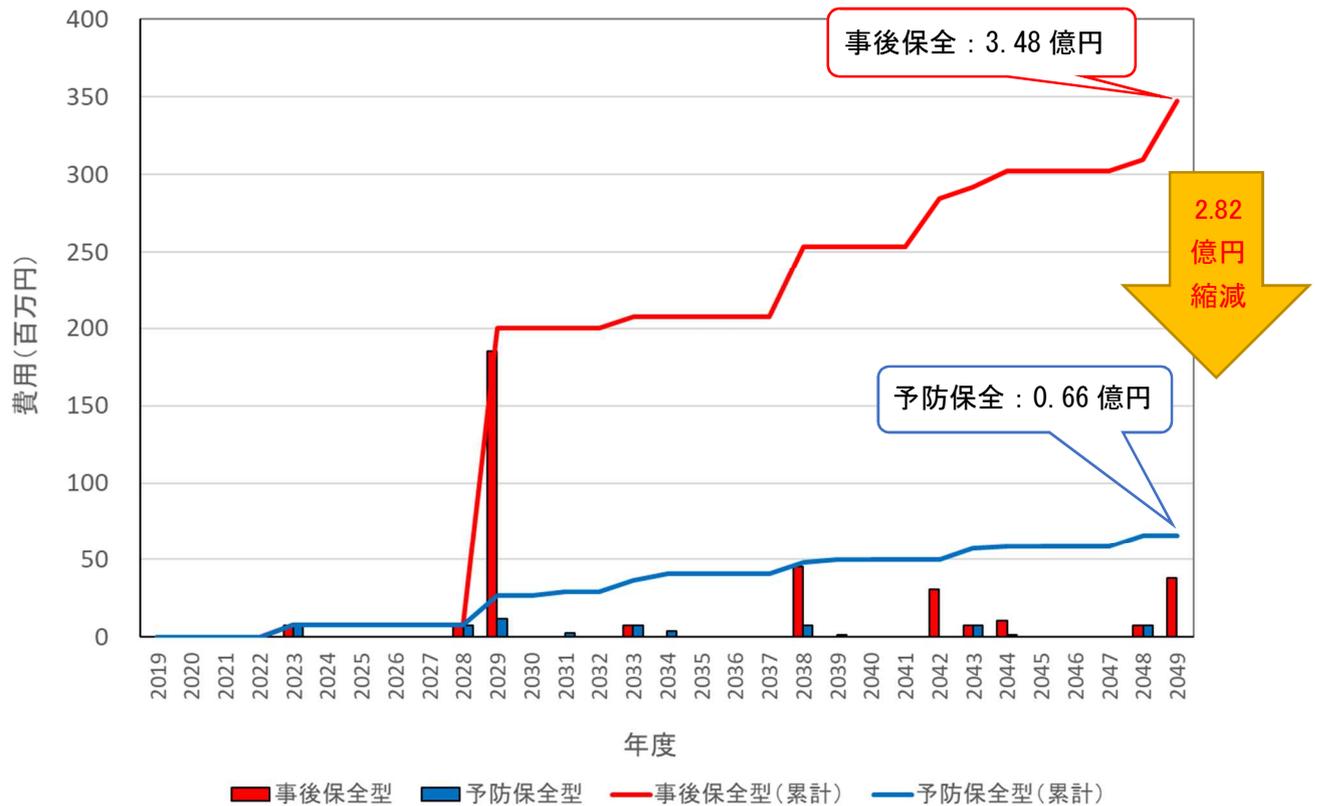


図-4.1.1 長寿命化修繕計画による縮減効果

維持管理コスト縮減効果比較		事後保全型	予防保全型	縮減効果
必要補修・補強費	H30 計画	348 百万円	72 百万円	276 百万円
	R4 計画	348 百万円	66 百万円	282 百万円