

鹿嶋市 トンネル長寿命化修繕計画

(トンネル 個別施設計画)



令和 5 年 3 月

鹿 嶋 市

目 次

1. 計画策定の目的	1
2. 長寿命化修繕計画の対象トンネル	2
3. 長寿命化修繕計画の基本方針	4
4. 長寿命化修繕計画策定	10
5. 対策費用とその効果	16
6. 計画策定担当部署	16

1.計画策定の目的

1.1.背景と目的

平成 24 年 12 月に発生した中央自動車道笛子トンネル天井板落下事故をはじめとする、インフラの老朽化を起因とする事故が後を絶たない。これまでの維持管理方法では、老朽化した多くのインフラを維持管理することが困難になった。また、人口減少による財務状況の見通しも決して明るいものではない。

そこで、インフラの維持管理を効率的、かつ効果的に行うためのトンネル長寿命化修繕計画（個別施設計画）を策定して、メンテナンスサイクルを持続的に回すことにより、市民の安全・安心な経済活動に寄与するものである。

1.2.管理トンネルの現状

鹿嶋市が管理するトンネル（RCボックスカルバート）は、昭和 61 年（1986 年）に建設された平井トンネル 1 箇所のみである。管理トンネル（RCボックスカルバート）諸元は次に示すとおりである。

表 1.2.1.管理トンネル諸元一覧表

名称	路線名	トンネル種類	延長 (m)	有効幅員 (m)	竣工年次 (年)	供用年数 (年)
ひらい 平井トンネル	市道 0101 号線	開削トンネル	80.0	15.6	1986	37

また、今後 15 年を経過すると供用から 50 年を超えることになるため、適切な対策を早期に施すことが求められる。

1.3.維持管理の実施状況

管理トンネルに対するこれまでの維持管理の実施状況については、次に示すとおりである。

表 1.3.1.管理トンネルの点検状況

名称	延長 (m)	有効幅員 (m)	竣工年次 (年)	前回定期点検年次 (年)
ひらい 平井トンネル	80.0	15.6	1986	2018

2.長寿命化修繕計画の対象トンネル

2.1.対象トンネル

長寿命化修繕計画の対象トンネルは次に示すとおりである。

表 2.1.1.対象トンネル諸元一覧表

名称	路線名	緊急輸送路	延長 (m)	有効幅員 (m)	竣工年次 (年)	供用年数 (年)	点検年次 (年)
平井トンネル	市道 0101 号線	第 2 次 緊急輸送路	80.0	15.6	1986	37	2018

次に対象トンネルの位置を示す。



図 2.1.1.対象トンネル位置図

2.2.定期点検の結果

平成 30 年度（2018 年）に実施した定期点検の結果については、次に示すとおりである。

表 2.2.1.定期点検の結果一覧表

名称	路線名	緊急輸送路	延長 (m)	有効幅員 (m)	竣工年次 (年)	供用年数 (年)	健全度の判定 区分
ひらい 平井トンネル	市道 0101 号線	第 2 次 緊急輸送路	80.0	15.6	1986	43	II

道路トンネル毎の健全性の診断は、次に示すとおりに区分するものである。

表 2.2.3.健全性の判定区分

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ている可能性があり、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、または生じている可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

3.長寿命化計画の基本方針

3.1.維持管理の基本方針

- (1) 予防保全型の維持管理とするための管理水準を設定する。
- (2) 点検・診断・措置・記録のメンテナンスサイクルを構築する。
- (3) 定期点検の結果や対策の優先順位を考慮した長寿命化修繕計画を策定する。

(1) 予防保全型の維持管理するために、「道路トンネル定期点検要領 H31.3 国土交通省 道路局」における健全性の診断での判定区分Ⅱ（予防保全段階）以上であることを管理水準に設定する。

管理水準を下回っているトンネル（判定区分Ⅲ以下）については、早期に健全性を判定区分Ⅰへ回復するための補修等を行う予定とする。また、定期点検によって健全性を診断し、予防保全段階（判定区分Ⅱ）と診断されたトンネルについては、優先度を考慮し、管理水準を下回らないよう小規模な補修等を行いながら健全性を良好な状態で維持し、トンネルの長寿命化を図るものとする。なお、補修等の実施後には、5年以内に1回の頻度で定期点検を実施するものである。

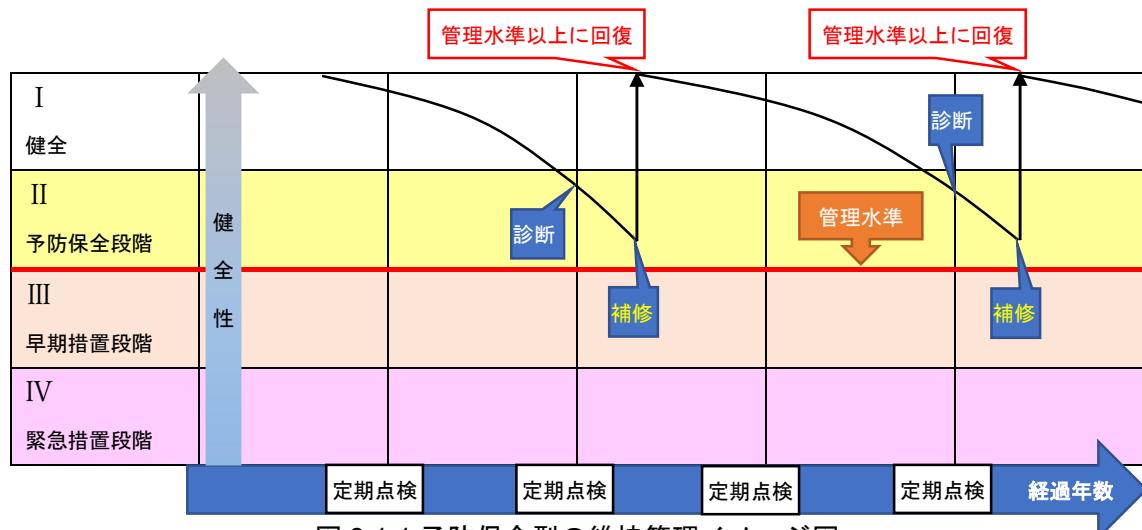


図 3.1.1.予防保全型の維持管理イメージ図

表 3.1.1.管理水準

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ている可能性があり、早期に措置を講すべき状態。
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、または生じている可能性が著しく高く、緊急に措置を講すべき状態。

- (2) 点検・診断の結果に基づき、必要な対策を適切な時期に、かつ効率的・効果的に実施する。さらに、これらの取り組みを通じて得られたトンネルの状態や対策履歴等の情報を記録し、次回の点検・診断等に活用する「メンテナンスサイクル」を構築し、これを継続するよう取り組んで行くものである。なお、早期に措置が必要と診断された施設において、予算や技術的理由から必要な補修等ができない場合には、通行制限や通行止めなどの処置を講ずるものである。

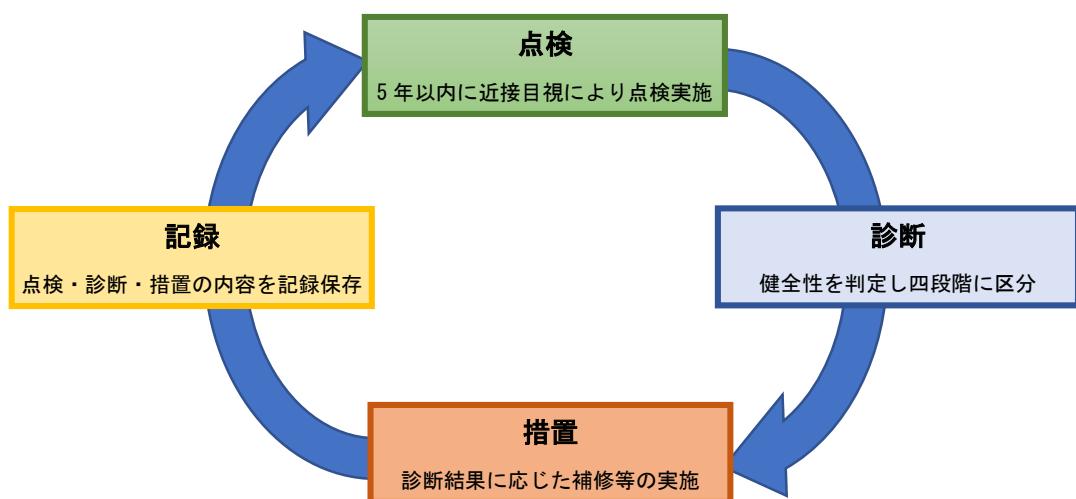


図 3.1.2.メンテナンスサイクルイメージ図

- (3) トンネルの損傷状況、利用状況および重要性等を考慮した対策工の優先度を設定し、トンネル毎の定期点検時期および補修時期を計画する。

3.2.計画実施の手順

3.2.1.点検

定期点検は、点検を適正に行うために必要な知識および技能を有する者が近接目視により、5年に1回の頻度で行うことを基本とする。

定期点検では、次回の定期点検までの期間に想定される道路トンネルの状態の変化を考慮して健全性の診断を行う。

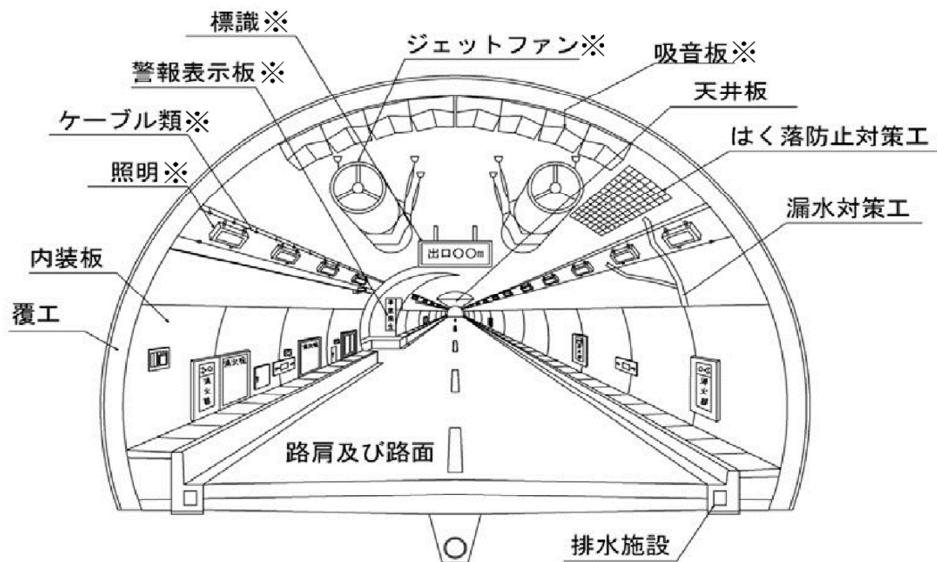
道路トンネル周辺の地質条件や環境条件、変化の発生状況によっては5年よりも短い間隔で状態が変化し、危険な状態になる場合も予想される。法令では、5年以内に定期点検を行うことを妨げるものではない。

また、法令に規定されるとおりに施設の機能を良好に保つため、定期点検に加えて、日常的に施設の状態の把握や事故および災害等による施設の変状等の把握については、適宜必要に応じて行うこととする。定期点検における主な着目点は次に示すとおりである。

表 3.2.1.定期点検で着目すべき変状・異常現象

定期点検対象	着目すべき変状・異常現象	健全性の判定区分
本体工	覆工 漏水、土砂流出、遊離石灰、つらら、側氷 豆板やコールドジョイント部のうき、はく離、はく落 補修材のうき、はく離、はく落、腐食 補強材うき、はく離、変形、たわみ、腐食 鋼材の腐食	I、II、III、IV
	覆工 (吹付コンクリート) 漏水、土砂流出、遊離石灰、つらら、側氷 豆板やコールドジョイント部のうき、はく離、はく落 補修材のうき、はく離、はく落、腐食 補強材うき、はく離、変形、たわみ、腐食	I、II、III、IV
	坑門 ひび割れ、段差 うき、はく離、はく落 変形、移動、沈下 鉄筋の露出 豆板やコールドジョイント部のうき、はく離、はく落 補修材のうき、はく離、はく落、腐食 補強材うき、はく離、変形、たわみ、腐食 鋼材の腐食	I、II、III、IV
	内装板 変形、破損 取付部材の腐食、脱落	I、II、III、IV
	天井版 変形、破損 漏水、つらら 取付部材の腐食、脱落	I、II、III、IV
	路面、路肩、排水施設 ひび割れ、段差、盤ぶくれ、沈下 変形 滯水、氷盤	I、II、III、IV
	附属物 腐食、破損、変形、垂れ下がり等	I、II、III、IV

定期点検対象箇所は次に示すとおりである。



a.定期点検内容箇所【トンネル内】



b.定期点検内容箇所【トンネル坑門】

図 3.2.1.定期点検対象箇所説明図

3.2.2.診断

定期点検の結果は、道路トンネル毎に健全性の診断結果を四段階に区分して行うものとする。

法令に基づき、道路トンネル毎に健全性の診断結果を四段階に区分する。

表 3.2.11.健全性の判定区分

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ている可能性があり、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、または生じている可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

↑ 管理水準以下

3.2.3.措置

健全性の診断に基づき、トンネルの効率的な維持管理および補修等の対策が図られるよう、必要な措置を講ずる。

健全性の診断結果に基づき、次に示すとおりに措置することを原則とする。

- 健全（健全性 I）
損傷が認められないか、損傷が軽微で補修の必要がない状態であるため、定期点検によって継続的に健全性を把握する。
- 予防保全段階（健全性 II）
構造の安全性の観点からは直ぐに補修するほどの緊急性はないが、損傷が軽微な段階で小規模な補修等を予防的に行うものとする。
- 早期措置段階（健全性 III）
道路トンネルの機能不全となる限界を下回る前段階で補修・更新等の対策を次回定期点検までに行うものとする。
- 緊急措置段階（健全性 IV）
緊急的な措置が必要な状況であることから、「通行止め」、「通行規制」または「応急措置」等を実施した後に本対策を行うものとする。

3.2.4.記録

点検・診断の結果および措置の内容等は、トンネルが供用されている期間内はこれらを保存するものである。

点検・診断の結果および補修等の内容は、トンネルの維持管理に重要な情報であるため、トンネルが供用されている期間内はこれらを記録し保存する。

3.2.5.新技術の活用

定期点検の効率化や高度化、修繕等の措置の省力化や費用縮減などを図る。

定期点検（修繕設計・修繕工事）において新技術等の活用について
従来の方法や工法との比較検討を行い、導入に向けて取り組んでいきます。
新技術は、国土交通省の「新技術情報提供システム(NETIS)」及び
「茨城県版新技術等情報提供データベース(IT'S)」を検索・参照し、また
「点検支援技術性能力タログ（案）」に掲載されている技術や、その他近接目視
点検を充実・補完・代替する技術等とします。

4.長寿命化修繕計画策定

4.1.計画期間

計画期間としては、今後30年程の期間にわたって、維持管理シナリオを設定し、投資する事業費やトンネル毎の健全度を推計することで、管理トンネル全体の維持管理方針を検討し、予算計画および維持管理目標へフィードバックするものである。

長寿命化修繕計画は、将来投資の事業費やトンネル毎の健全度をシミュレーションにより検討を行い策定する。将来へ持続可能なトンネルの健全性の管理水準を目標として、今後必要な投資予算の推定や維持管理方針の策定を行う。

4.2.劣化予測

劣化予測は、時間の経過に対して、トンネルの構成部材がどのように劣化損傷し、健全度を低下させていくかの経年劣化を予測して、将来の対策時期を設定することを行うものである。

(1) 土木施設の劣化予測

【一般的な考え方】

劣化の進行は部材の損傷に応じて異なるため、トンネルを構成する部材毎に分析を行う必要がある。しかし、分析を全ての部材・損傷に対して実施するには莫大な情報が必要かつ煩雑となるため、利用者・第三者への影響やトンネルの耐荷性、対策費用の割合が大きい部材（覆工）を対象に実施し、点検結果等を基に多く発生する損傷に分析を実施する。

【鹿嶋市の考え方】

管理トンネルが少ないため、各部材毎の損傷劣化のサンプル数が少ない。そのため、劣化予測を行うことは質や量の観点からも困難であることから、点検結果に応じた対策を適切に行うものとする。

(2) 機械・電気設備の劣化予測

【一般的な考え方の考え方】

機械・電気設備の劣化予測については、耐用年数（更新時期）および整備年数（周期）の設定を行うものとする。

表 4.2.1.機械・電気設備の劣化予測

設備内容	耐用年数			整備年数 (周期)	摘要
	財務省値	ヒヤリング値	採用値		
照明設備	15年	10～15年	15年	－	
ケーブル・配管類	15年	20～25年	25年	－	

4.3. 優先度評価

対策を実施する優先順位は、トンネル毎の【重要度】と【健全度】を考慮して設定する。

(1) 重要度

【一般的な考え方】

重要度は、供用条件やトンネル規模などの評価項目に配点・重み係数を設定し、各評価項目の配点に重み係数を乗じた合計点を用いる。重要度評価の評価項目、重み係数および配点の設定は次にとおりとする。

表 4.3.1. 重要度評価

重み係数	評価項目	配点
		高 ← → 低
高 ↑ ↓ 低	緊急輸送路	一次、二次、三次緊急輸送路
	利用状況	バス路線、通学路、災害時避難路
	アクセス条件	公共公益施設等へのアクセス道路
	総交通量	多い、少ない
	大型車交通量	多い、少ない
	代替路の有無	無、有
	周辺人口	多い、少ない
	トンネル長	長い、短い
	幅員	広い、狭い
	竣工年次	古い、新しい
	海岸線からの距離	近い、遠い

管理トンネル数が1箇所のみのため、優先順位は考慮する必要がない。

(2) 健全度評価

各トンネルの部材毎に変状種類と変状の要因からトンネルの安全性と対策工法の規模に着目して評価区分するものである。評価区分は次に示すとおりである。

表 4.3.2. 変状の要因とその種類

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ている可能性があり、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、また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。

管理水準以下

4.4.維持管理シナリオ

複数の維持管理シナリオにてシミュレーションを行い、各シナリオの費用や健全度の傾向を検討したうえで、LCC を最も縮減できる維持管理シナリオを採用する。

(1) 土木施設

管理水準や劣化予測の検討結果を踏まえ、中長期的に必要な維持管理費用をマクロ的に推計する。

推計は「予防保全型」、「事後保全型」として、原則として「更新型」は採用しない。これは、橋梁でいう架替えとなった場合には、大規模補修・全面改修となり、利用者への損害や長期の交通規制を伴う工事などの大きな社会経済的損失が発生する。そのため、小規模な補修等を繰り返し行い、継続的に利用するものである。維持管理シナリオの概要は次に示すとおりである。

表 4.4.1.維持管理シナリオの設定 CASE

シナリオの別		概要
シナリオ 1	予防保全型	全施設を対象に、予防保全型の管理が可能な施設・部材・損傷種類に対して予防保全型の対策工法（点検結果の評価Ⅱで対策を実施）を適用する案。
シナリオ 2	事後保全型	全施設を対象に、事後保全型の対策工法（点検結果の評価Ⅲで対策を実施）を適用する案。

表 4.4.2. 維持管理シナリオの設定

部材		変状種類	シナリオ 1 予防保全型	シナリオ 2 事後保全型
覆工 一 こ ン クリ ー ト	ひび割れ (外力作用)	管理水準Ⅱ	管理水準Ⅲ	
	表面劣化 (うき・はく離・はく落)	管理水準Ⅱ	管理水準Ⅲ	
	漏水	管理水準Ⅲ	管理水準Ⅲ	
坑門		管理水準Ⅱ	管理水準Ⅲ	
定期点検		5 年に 1 回の頻度にて設定		

【トンネルの健全度予測手法】

トンネルの健全度予測手法には、次に示す四つの手法があり、使用データや目的を勘案して決定する必要がある。

表 1. 健全度予測手法の比較

手法	概 要	特徴及び課題
寿命設定	<ul style="list-style-type: none"> ・個別施設の部材毎に寿命を設定 ・建設時点あるいは補修時点を「健全」と設定 ・寿命時点を「要補修」段階と設定 ・寿命年に対して予測直線又は曲線を作成 	<ul style="list-style-type: none"> ・個別部材毎に補修時期を確定的に算定 ・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
劣化予測式 (理論式)	<ul style="list-style-type: none"> ・劣化メカニズムに応じた理論的予測式を使用 	<ul style="list-style-type: none"> ・個別部材毎に補修時期を確定的に算定 ・予測式の理論的根拠が明確 ・理論的予測式を適用できる劣化要因が限定される ・劣化予測のための調査データが必要
点検結果の 統計分析法	<ul style="list-style-type: none"> ・点検結果に対応する健全度と経過年の関係を統計分析することで、予測直線又は曲線を作成 ・部材毎、劣化要因毎に環境条件、架設年次等でカタゴリー区分し、予測式を作成 	<ul style="list-style-type: none"> ・個別施設の部材毎に補修時期が確定的に算定 ・点検結果に基づく分析であり、設定根拠が明確 ・劣化要因や各橋梁毎の環境条件、交通条件等により、点検データを分類することで、予測精度の向上が可能 ・予測精度は点検データの精度に依存
遷移確率	<ul style="list-style-type: none"> ・各健全度ランク間の遷移確率を用いて、各健全度の比率をマルコフ過程により計算 ・遷移確率は、部材毎、劣化要因毎に複数年の点検結果を用いて算定 	<ul style="list-style-type: none"> ・個別橋梁の部材毎には補修時期、補修費用が算定できない ・個別橋梁毎の短期計画への反映が困難 ・点検結果等により遷移確率を設定するため、根拠が明確である ・橋梁群を対象とした管理に有効

国総研資料第 523 号 P.3

ここで、使用目的から勘案すると、遷移確率は「短期計画への反映が困難」であるため、棄却する。また、点検結果の統計分析はトンネルの点検データが 1 つとサンプル数が少ないため、今回の策定に使用することはできない。寿命設定について、トンネルの耐用年数は 75 年(財務省令)となっている。ただし、耐用年数は、減価償却費を考慮した山岳トンネルに対しての計算値であること、さらに平井トンネルは外力に抵抗する開削トンネルであることから耐用年数を寿命設定とすることは困難であると考えられる。

したがって、本策定においては劣化予測式を採用するものである。次に劣化予測式における考え方を示す。

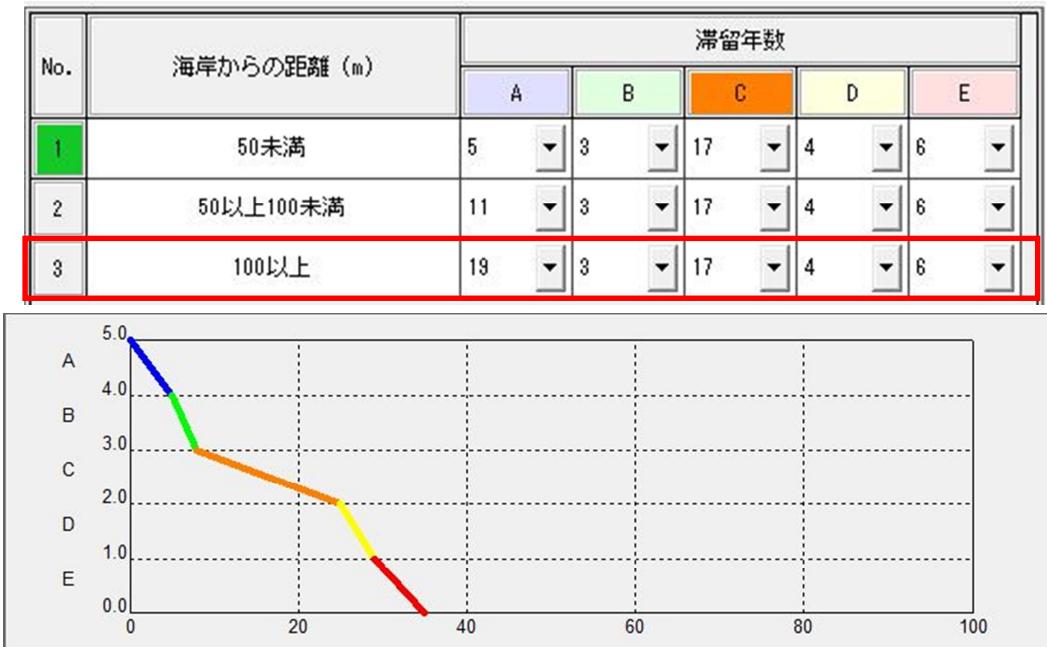
劣化予測式

部材毎に補修時期を確定的に設定することができ、予測の根拠としては、既往の文献値を用いて設定しているため、根拠が明確である。本来であれば劣化予測のための調査データが必要であるが、管理しているトンネルが 1 つであり、かつ定期点検データは一度であるため、データが不足していることからも文献値を用いる。また、覆工部と擁壁部で劣化要因は異なっているが、いずれも劣化要因が限定的であると推定されることから、予測が比較的容易であると考えられる。

【劣化予測】

- 劣化予測曲線は、既往の文献(1)～文献(3)を参考とし、橋梁の部材ごとに設定する。

塩害 滞留年数表（主桁）



文献(1) 国土技術政策総合研究所資料 道路橋の計画的管理に関する調査研究

文献(2) コンクリート橋標準示方書[維持管理編] (社)土木学会

文献(3) コンクリートライブラリー116 コンクリート橋標準示方書[維持管理編]に基づく

コンクリート構造物の維持管理事例集（案） (社)土木学会

※滞留年数のA～Eについては、以下の状態時であるとする。

A : 劣化や変状がほとんど認められない。機能的に問題がない。

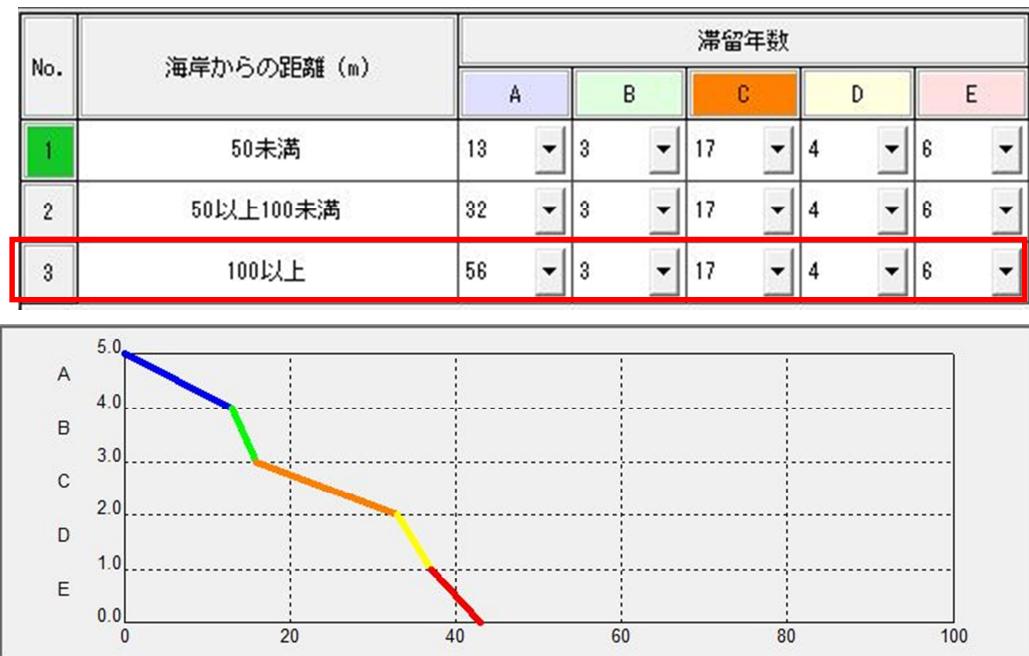
B : 軽微な劣化や変状が認められる。部材の機能低下はみられず、利用者への影響はない。

C : 劣化や変状が進行している。部材の機能低下は小さく、利用者等への影響はほとんどない。一般的に小規模な対策により機能の回復が図れる。

D : 劣化や変状が広範囲に進行している。部材の機能低下が進行し、利用者等への影響が危惧される。比較的規模の大きな対策が必要になる。

E : 劣化や変状が著しく進行している。部材の機能が大きく低下しており、利用者等へ危険が及ぶ恐れがある。大規模な対策、部材の更新又は架替の必要がある。

塩害 滞留年数表 (R C 下部工)



- 文献(1) 国土技術政策総合研究所資料 道路橋の計画的管理に関する調査研究
 文献(2) コンクリート橋標準示方書[維持管理編] (社)土木学会
 文献(3) コンクリートライブラリー116 コンクリート橋標準示方書[維持管理編]に基づく
 コンクリート構造物の維持管理事例集 (案) (社)土木学会

(2) 機械・電気設備

機械・電気設備の維持管理シナリオについては、すべてを耐用年数（更新時期）にて取換えるものとする。

ただし、管理トンネルにおける機械・電気設備は照明設備のみで、かつ数量も少量であることから、通年での維持工事にて対応するものとする。

5. 対策費用とその効果

今後 30 年間における事業費を比較すると、事後保全型の約 2.7 億円に対し、予防保全型は約 0.8 億円となり、そのコスト縮減効果はおよそ 1.9 億円程度になるものと見込まれる。また、計画的に維持管理を行うことにより、公共交通の定時性とネットワークが確保されるとともに、地域経済活動の質や安全性が担保される。なお、事後保全型の維持管理においては、架替えを必要としない範囲にて修繕を行う計画としている。事業費の比較図は、次に示すとおりである。

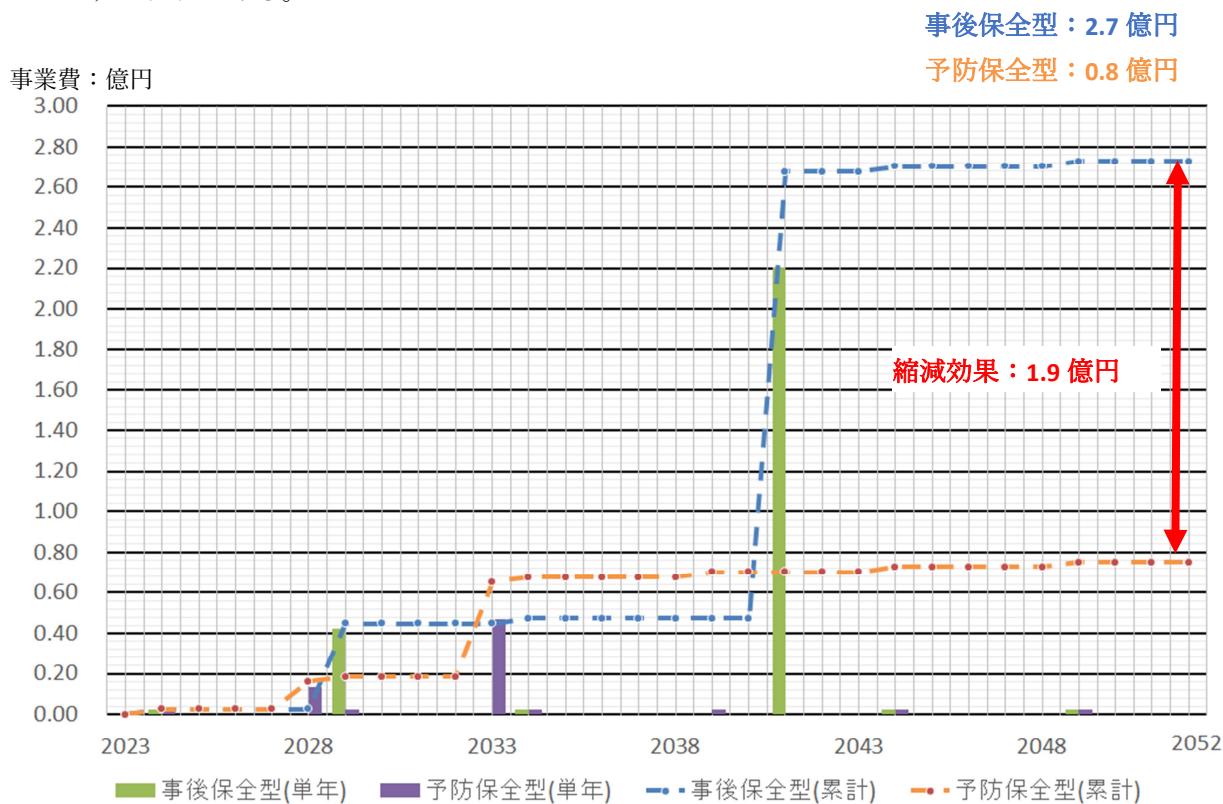


図 6.1.1. 事業費比較図【累加】

なお、予算シミュレーションの期間については、2023 年から 2052 年までの 30 年間とする。

7. 計画策定担当部署

鹿嶋市 都市整備部 施設管理課 電話 0299 (82) 2911 (代表)

以上