

香南市トンネル長寿命化計画



末清細川隧道(1937年建設)

令和6年 12月
香南市 建設課

目 次

1. 計画概要	1
1-1. 本計画の目的	1
1-2. 本計画の位置づけ	1
1-3. 本計画の基本方針	2
1-4. 計画概要	2
2. 計画内容	3
2-1. 対象施設	3
2-2. 計画期間	4
2-3. 対策の優先順位の考え方	4
2-4. 個別施設の状態等	4
2-5. 対策内容と対策時期	8
2-6. 維持管理費用	12
3. 今後の課題	15

巻末資料

トンネル維持管理費試算結果

1. 計画概要

1-1. 本計画の目的

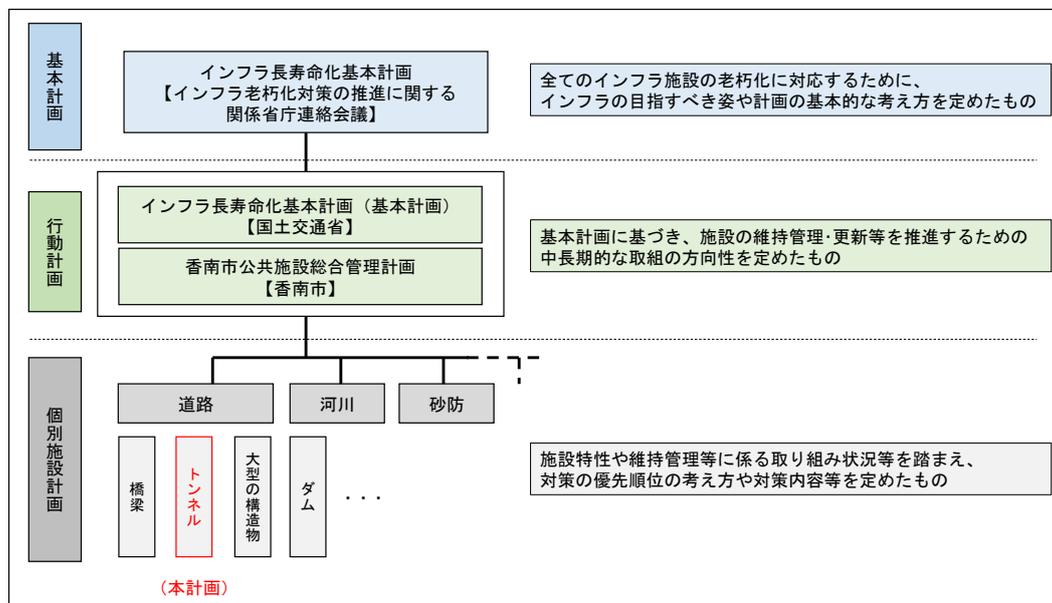
香南市が管理するトンネルにおいて、今後想定される施設の老朽化に対応するために、これまでの事後保全的な維持管理（施設の損傷が顕在化してから対策を実施）から予防保全的な維持管理（損傷が軽微である早期段階に対策を実施）への転換を図ります。これにより、利用者の安全・安心を確保しつつ、大規模な修繕や更新を回避することで、中長期的なトンネル補修等の維持管理に係るトータルコストの縮減や予算の平準化を図ります。

1-2. 本計画の位置づけ

図1にインフラ長寿命化計画の概要を示します。

各インフラ（橋、トンネル、公園等）の管理者は、「インフラ長寿命化基本計画」（以下、「基本計画」という）に基づき、インフラの維持管理等を着実に推進するための中長期的な取組の方向性を明らかにする計画として「インフラ長寿命化計画（行動計画）」（以下、「行動計画」という）を策定しています。さらに「行動計画」に基づき、個別施設毎の具体的な対応方針を定める計画として、「個別施設毎の長寿命化計画」（以下、「個別施設計画」）を策定しています。

香南市は、インフラ施設をはじめとした公共施設等に対する維持管理の「行動計画」として「香南市公共施設総合管理計画」（以下、「総合管理計画」）を平成29年に策定（令和4年に改定）しました。「香南市トンネル長寿命化計画」（以下、「本計画」という）は、上位計画である「総合管理計画」の方針を踏まえ、策定します。



「インフラ長寿命化基本計画」（H25.11 インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議）を参考にして作成

図1 インフラ長寿命化計画の概要

1-3. 本計画の基本方針

「総合管理計画」では、インフラ資産の長寿命化について以下のように方針をまとめています。

国の定めた「インフラ長寿命化基本計画：平成 25(2013)年 11 月 29 日策定」の行動計画として、個別施設の長寿命化計画を定め、安心・安全の確保と経費の削減を進めていきます。

出典：「香南市公共施設等総合管理計画 (R4. 11 改定 香南市)」p25 より引用

さらに、道路や道路構造物の維持管理に関する基本的な方針として、以下のように整理しています。

市道の舗装、道路構造物（のり面、擁壁等）、道路附属物（防護柵、標識、照明等）について、職員が行うパトロールによる日常点検、及び専門的技術者が行う定期点検により現状把握を行っています。

この点検結果を基に優先度を勘案し、予防保全的な修繕により施設の長寿命化を図り、維持管理経費を縮減していくとともに、維持管理経費の平準化を図ります。

出典：「香南市公共施設等総合管理計画 (R4. 11 改定 香南市)」p39 より引用

本計画では、これらの上位計画との整合を図りつつ、「適正で効率的なサービスの提供が可能な水準を維持すること」を基本方針として策定します。

1-4. 計画概要

本計画では、トンネルの特性や維持管理に係る取り組み状況等を踏まえつつ、表 1 に示す必要事項を基本として、メンテナンスサイクルの核となる個別施設計画を策定し、戦略的な維持管理を推進します。

表 1 トンネル長寿命化計画概要

必要事項	概要
①対象施設	本計画の対象となるトンネルについて整理します。
②計画期間	定期点検サイクル等を考慮し、計画期間を設定します。
③対策の優先順位の考え方	対象施設の中で対策する優先順位を決定するため、対策を実施する際に考慮すべき事項を設定し、優先順位の考え方を示します。
④個別施設の状態等	トンネルの利用実態や構造的特徴、点検及び診断の結果について整理します。
⑤対策内容と実施時期	個別施設の状態等を踏まえた修繕内容、および次回の点検・診断や修繕の実施時期を整理します。
⑥維持管理費用	計画期間内に要する維持管理費用の概算を整理します。

「インフラ長寿命化基本計画」(H25. 11 インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議)を参考にして作成

2. 計画内容

2-1. 対象施設

香南市が管理するトンネルは、末清細川隧道の1トンネルのみとなります。よって、この1トンネルを本計画の対象施設とします。表2に、末清細川隧道の概要を示します。

表2 末清細川隧道 概要

トンネル名	末清細川隧道	トンネル名(よみ)	すえきよほそかわずいどう
路線名	市道末清細川線	建設年次	1937年(昭和12年)
トンネル所在地	(起点)高知県 香南市 香我美町末清 ～(終点)香南市 夜須町細川		
トンネル延長	97.0m	道路幅員	2.80m
照明設備	無し	非常用設備	無し



出典：「地理院地図」より引用・加筆

図2 対象トンネル位置図

表3 末清細川隧道 現地状況



2-2. 計画期間

本計画期間は、50年と設定します。今後の50年間における維持管理に係る費用を算出し、ライフサイクルコストの最適化を目指します。なお、今後は5年毎に実施する定期点検の進捗に合わせて、施設の最新の状態を踏まえて、計画を更新する方針とします。

2-3. 対策の優先順位の考え方

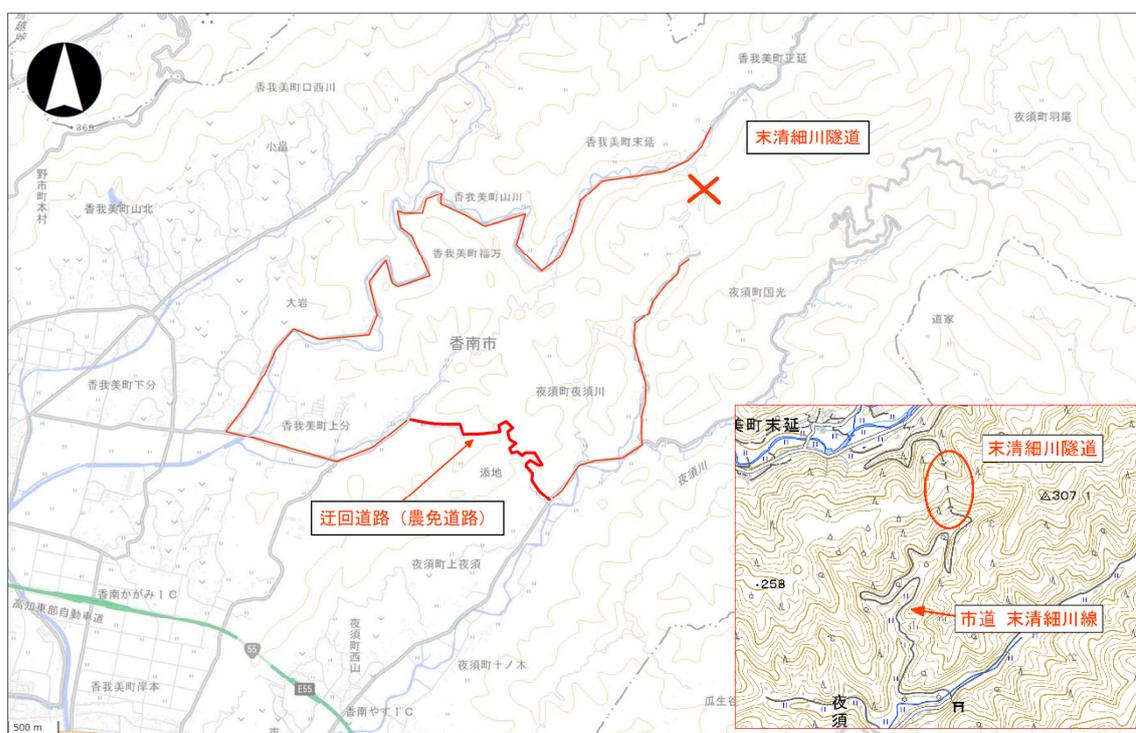
本計画の対象トンネルは、末清細川隧道の1トンネルのみであるため、対策の優先順位は、設定しないものとします。

2-4. 個別施設の状態等

本計画では、末清細川隧道の利用実態や構造的な特徴、定期点検結果等を整理して、維持管理計画に反映します。以下に、個別施設の状態を整理します。

(1) 市道末清細川線の利用実態、近傍の路線状況

市道末清細川線の昼間の交通量は、1～2台程度と極めて少ない状態です。また、近傍には農免道路があり、災害時等に市道末清細川線が通行できない場合には、代替路として農免道路が使用できます。



出典：「地理院地図」より引用・加筆

図3 市道末清細川線 迂回路図

(2) 構造的な特徴

末清細川隧道の構造的な特徴を表4に整理します。

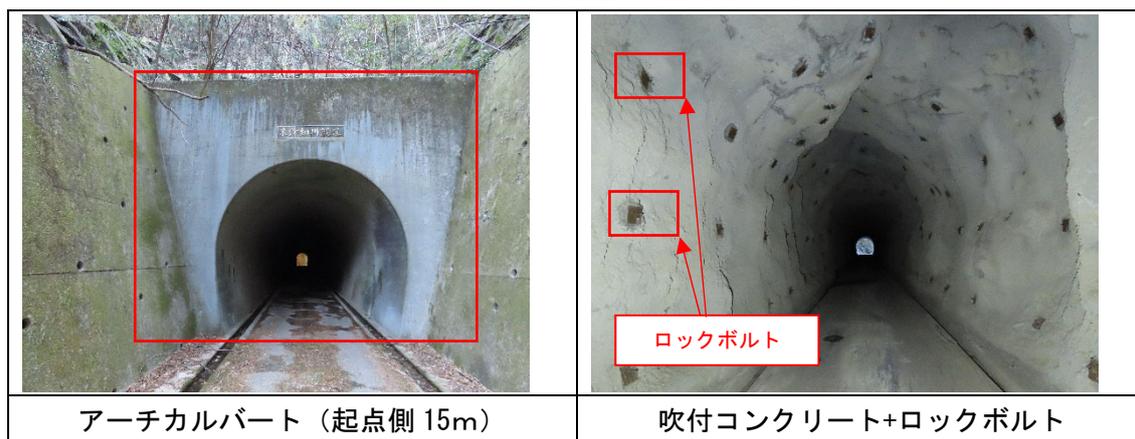
表4 末清細川隧道 トンネル諸元

項目	内容
トンネル名	末清細川隧道
路線名	市道 末清細川線
道路規格	第3種 第5級
建設年次	1937年（昭和12年）
施工法	素掘（アーチカルバート、吹付による補強済）
トンネル延長	97.0m
道路幅員	2.80m
建築限界	3.10m

末清細川隧道は、素掘工法によって施工されたトンネルですが、過去にトンネル全線に亘って大規模修繕（補強）で実施し、現在の構造へと至っています。具体的には、起点側15.0mでアーチカルバートを施工しており、残りの区間は、吹付コンクリートとロックボルトによる補強を実施しています。

以上より、今後の末清細川隧道への維持管理は、これらの既設対策工に発生する変状への対策がほとんどであると考えられます。また、市道末清細川線は幅員が狭く、工事の際に使用する機械や車両の規模にも制限があるため、今後、大規模修繕を実施することは現実的ではないと考えられます。

表5 末清細川隧道 構造的な特徴



(3) 定期点検結果

香南市では、「高知県道路トンネル点検要領(高知県土木部道路課 令和3年3月)」(以下、「点検要領」という)に準拠し、5年ごとに定期点検を実施しています。定期点検ではトンネルに発生した変状の状態を把握し、表6に示す健全度ランクを用いて変状毎に健全性の診断を行います。

表6 変状毎の健全性の診断

健全度ランク		状態	措置の内容
I		利用者に対して影響が及ぶ可能性がないため、措置を必要としない状態	—
II	II b	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、監視を必要とする状態。	監視
	II a	将来的に、利用者に対して影響が及ぶ可能性があるため、監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態。	監視 計画的に対策
III		早晩、利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、早期に対策を講じる必要がある状態。	早期に対策
IV		利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急 ^{注)} に対策を講じる必要がある状態。	直ちに対策

注) 健全度ランクIVにおける「緊急」とは、早期に対策を講じる必要がある状態から交通開放できない状態までを言う

出典：「高知県道路トンネル点検要領(案)ver. 2.2」(R3.3 高知県土木部道路課)より引用

また、トンネル全体の健全性は、表7を参考として評価します。

表7 トンネルの健全性

区分		状態
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。

出典：「高知県道路トンネル点検要領(案)ver. 2.2」(R3.3 高知県土木部道路課)より引用

香南市では、令和5年度に末清細川隧道の定期点検を実施しました。以下に、点検結果および点検時に確認した主な変状を示します。

表8 末清細川隧道 定期点検結果（トンネルの健全性）

判定項目	判定結果
トンネルの健全性	Ⅲ（早期措置段階）
付属施設の異常判定	付属施設は設置されていない

表9 定期点検結果（主な変状と健全度ランク）

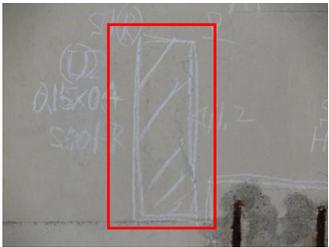
うき・はく離	鋼材腐食	漏水
 ひび割れを伴う「うき」 （Ⅲ判定）	 露出した鉄筋の腐食 （Ⅲ判定）	 吹付コンクリートからの漏水（Ⅱa判定）
 ひび割れを伴う「うき」 （Ⅲ判定）	 ロックボルトの腐食 （Ⅱa判定）	 吹付コンクリートからの漏水（Ⅱa判定）

表10 トンネルに生じた変状の概要

変状種類	変状の特徴等
うき・はく離	ひび割れ等により覆工コンクリートのうき・はく離の兆候があり、将来的にひび割れの閉合等により、コンクリート片の落下の可能性のある状態
鋼材腐食	①覆工コンクリート内部の鉄筋が腐食している状態 ②吹付コンクリート部のロックボルトが腐食している状態
漏水	吹付コンクリート部のひび割れ等から漏水がある状態

2-5. 対策内容と実施時期

「2-4. 個別施設の状態等」に整理した末清細川隧道の特徴と定期点検結果を踏まえ、今後の維持管理で必要となる補修対策工事等の考え方について整理します。なお、補修対策工事の実施時期を計画する上で指標として用いる「対策余寿命」や「対策工の耐用年数」については、「社会資本長寿命化計画トンネルガイドライン改訂版」(H28.3 静岡県)を参考に設定しています。

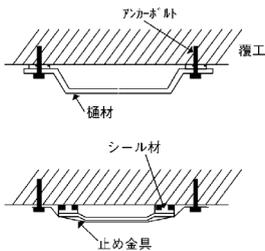
(1) 対策内容について

補修対策工事の内容は、「トンネル維持管理便覧(本体工)」(令和2年日本道路協会)を参考に、変状の種類ごとに対策内容を以下のように設定します。

表 11 本計画における補修対策工事の内容

変状の種類	対策内容
うき・はく離	はつり落とし工、断面修復工、当て板工
鋼材腐食 (鉄筋露出)	はつり落とし工、断面修復工(鋼材腐食対策工) 当て板工
鋼材腐食 (ロックボルト)	防食材料を用いた腐食対策
漏水	線導水工

表 12 主要な補修対策の内容

補修対策内容	
	
はつり落とし工	断面修復工
	
当て板工(シート系)	線導水工

出典：「トンネル維持管理便覧(本体工)」(令和2年日本道路協会)より引用

(2) 対策余寿命について

トンネルの将来的な劣化予測は困難であると考えられるため、「対策余寿命」を設定し、将来状態を推定します。

まず、変状の状態が「絶対に超えてはいけない」ラインを「限界管理水準」として健全度ランクⅢとⅣの境界に設定します。また、変状状態が「限界管理水準」に推移する推定期間を「対策余寿命」と設定しました。

さらに補修対策工事は、限界管理水準前に完了する必要があるため、健全度ランクⅡaとⅢの境界に「補修対策工事に着手すべき時期」の目安として「目標管理水準」を設定しました。これにより、対策余寿命が示す期間内に補修対策工事を完了する方針とします。

- ・ 対策余寿命のイメージ（Ⅱb判定の変状の場合：対策余寿命は(Y-X)年となる）

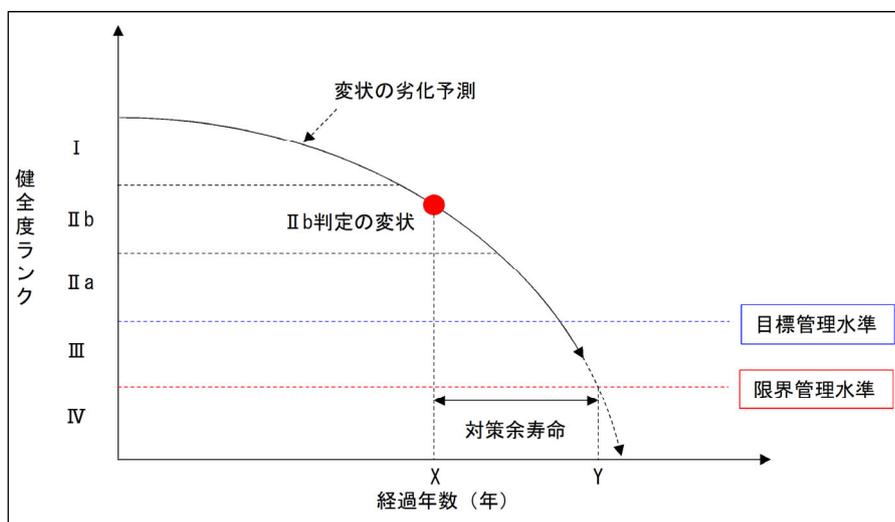


図4 対策余寿命のイメージ(Ⅱb判定の変状の場合)

本計画では、「2-4. 個別施設の状態等」に整理した内容を踏まえ、対策余寿命を以下のように設定します。

表13 本計画における対策余寿命

健全度ランク		措置の内容	対策余寿命
I		—	—
II	IIb	監視	カルバート：15年 吹付コンクリート：30年
	IIa	監視 計画的に対策	カルバート：5年 吹付コンクリート：10年
III		早期に対策	3年
IV		直ちに対策	1年

「社会資本長寿命化計画トンネルガイドライン改訂版」(H28.3 静岡県)を参考にして作成

(3) 対策工の耐用年数

補修工事の実施後は、補修材が劣化する等の理由により再補修が必要となる場合があります。そのため、本計画では対策工の耐用年数（再補修が必要となるまでの年数）を設定します。

表 14 本計画における対策工の耐用年数（着色部分は本計画で実施する対策工）

代表的な 変状現象	対策の 区分	対策工		耐用年数
ひび割れ 変形	外力対策	裏込め	可塑性エアモルタル	永年
		注入工	発泡ウレタン	永年
		ロックボルト工		永年
		内面補強工	鋼板接着工	30
			繊維シート補強工	30
			格子筋補強工	30
		内巻補強工	プレキャスト工	100
			鋼材補強工	50
うき・ はく離 鋼材腐食	はく落防 止対策、 鋼材の 腐食対策	◎はつり落とし工		30
		◎断面修復工		30
		◎鋼材腐食対策工（断面修復工）		30
		◎防食材料を用いた腐食対策		30
		金網・ ネット工	金網工、 エキスパンドメタル工	10
			ネット工(FRP メッシュ、 樹脂ネット)	25
		◎当て板工	形鋼系（平鋼、山形鋼等） 当て板工	20
			パネル系（鋼板、成型板） 当て板工	30
			繊維シート系当て板工	30
		補強 セントル工	鋼アーチ支保工	50
漏水 路面滞水 つらら 側氷	漏水対策	◎樋工（線導水工）		20
		溝切り工		20
		止水注入工（ひび割れ注入）		20
		面導水工（防水パネル工）		20
		水抜きボーリング、水抜き孔		50

「社会資本長寿命化計画トンネルガイドライン改訂版」(H28.3 静岡県)を参考にして作成

(4) その他、維持管理に係る取組の実施時期について

その他に定期点検や補修設計についても、表 15 のように実施時期を設定します。

表 15 維持管理の実施時期

維持管理項目	実施時期
定期点検	5年に1回
補修設計	定期点検の翌年に実施
補修工事	「対策余寿命」や「対策工の耐用年数」を踏まえたうえで、補修設計の翌年～次回定期点検の間に実施
長寿命化計画策定・更新	定期点検結果を踏まえて、5年に1回

2-6. 維持管理費用

(1) 対策費用

補修工事に必要な費用は、定期点検結果で得られた変状の健全度ランク毎に表 16 のように設定します。

表 16 対策費用

変状種類	健全度ランクⅢ		健全度ランクⅡa		健全度ランクⅡb	
	数量	工事費	数量	工事費	数量	工事費
うき、 はく離	21.0 m ²	16,380 千円			2.0 m ²	1,560 千円
鋼材腐食 (鉄筋)	4.5 m ²	3,560 千円	2.0 m ²	1,560 千円		
鋼材腐食 (ロックボルト)			13.3 m ²	18,654 千円		
漏水			58.0m	3,152 千円	24.0m	2,716 千円
合計		19,940 千円		23,366 千円		4,276 千円

(2) その他費用

その他、定期点検や補修設計の費用についても考慮します。

(3) 維持管理に係る費用の算出

本計画で設定した対策内容や実施時期を踏まえて、計画期間内に要する維持管理に係る費用を算出しました。50年間に要する維持管理費用の算出結果を図5に示します。

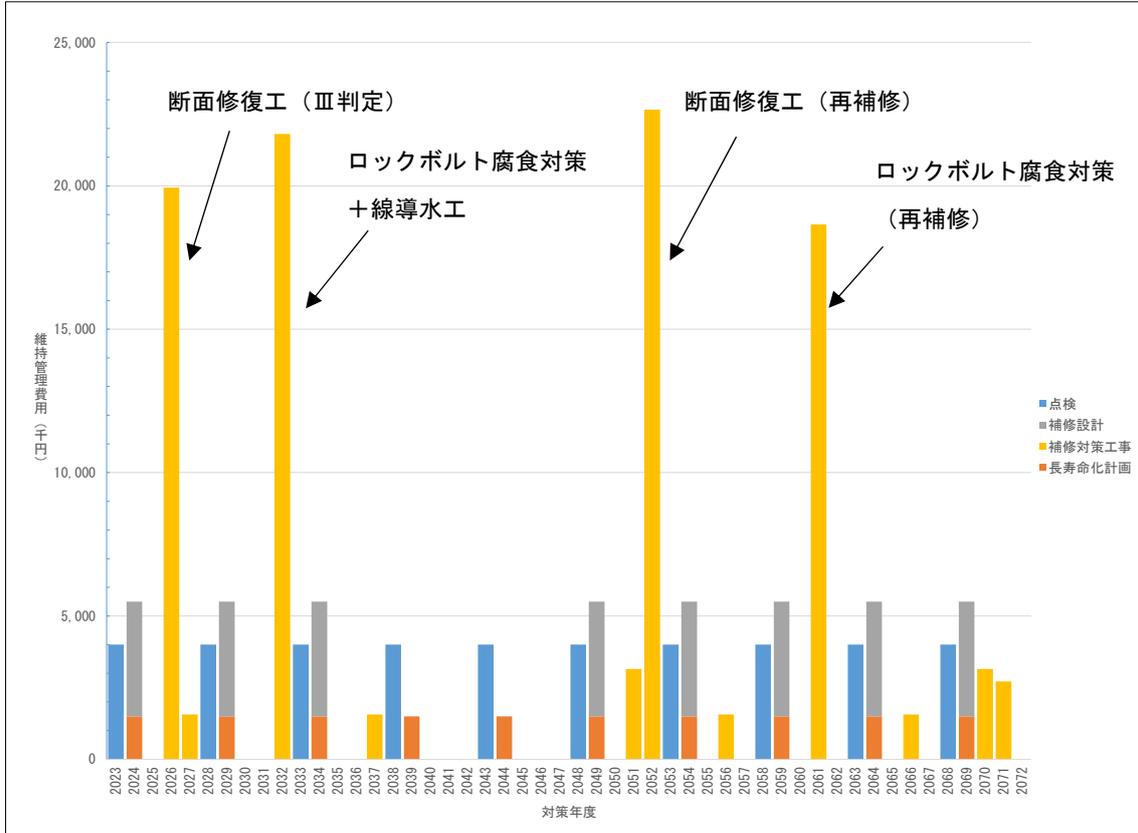


図5 維持管理費用の算出

本計画で設定した補修対策の実施時期をそのまま反映した場合、維持管理費用が年度によって集中する結果となりました。トンネル等の維持管理は限られた予算の中で実施する必要があるため、年度ごとの維持管理費用の平準化を図りました。平準化の具体例を次ページに示します。

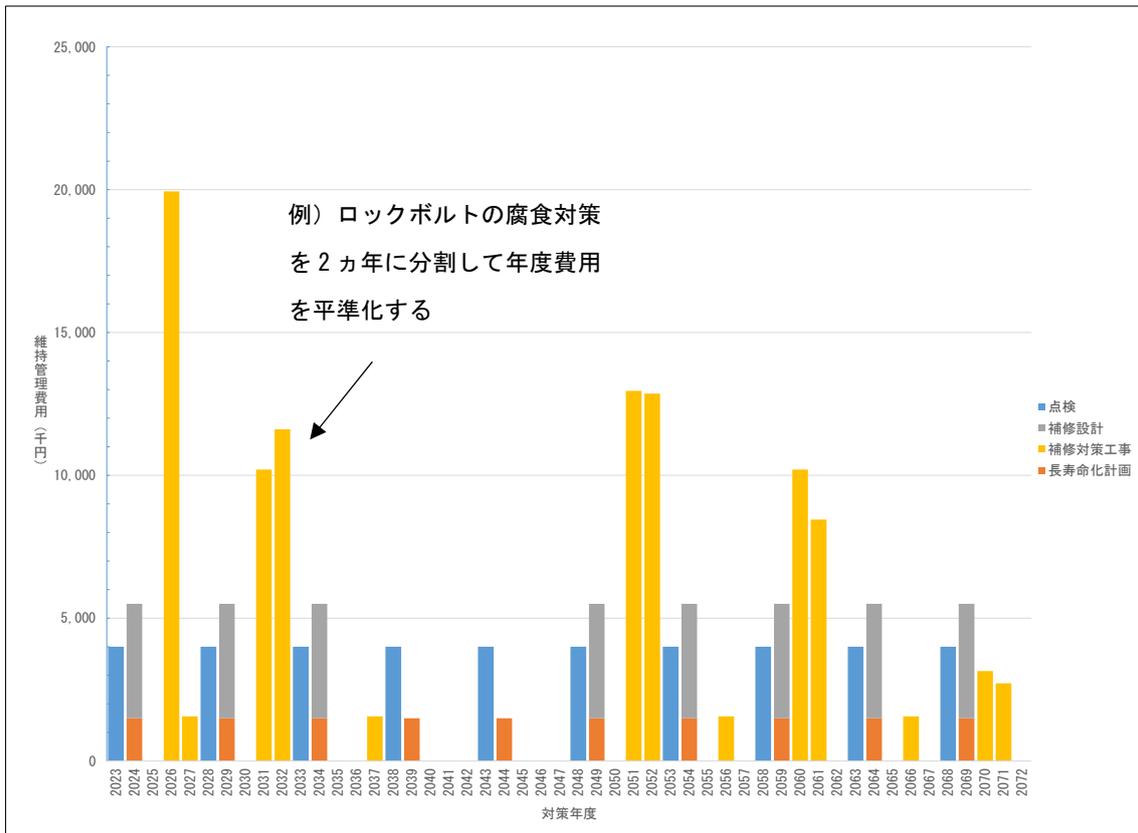


図6 維持管理費用の算出（費用の平準化）

図6に維持管理費用を平準化した結果を示します。具体的には、2032年などの費用が集中している年度の補修対策工事の2031年と2032年の2カ年に分割し、費用の平準化を行いました。

なお、本トンネルにおける補修対策の内容は、変状の進行等に関わらず、大きく変わることはないと考えられます。そのため、50年間における維持管理費用の平準化によるトータルコストの削減は困難であることが想定されます。

3. 今後の課題

本計画を策定後、今後も計画を更新していくにあたり、以下のような課題が考えられます。

- ①本計画は、令和5年度の定期点検結果を踏まえて策定した計画です。よって、今後の計画更新に際しては、5年ごとの定期点検結果を踏まえて対策余寿命等を適宜修正することで維持管理費用の算出精度を向上させる必要があります。
- ②維持管理に係る費用は概算額を設定していますので、今後の計画の更新に際しては、維持管理の実態に合わせて、補修対策工事費の最適化を図る必要があります。
- ③道路ネットワークの状況、社会情勢の変化による道路利用状況、損傷状況等を踏まえ、必要に応じて施設の集約化・撤去による費用縮減の検討を行います。
- ④今後の維持管理では、新技術を活用して点検方法等の工夫を行うなど、維持管理に必要なトータルコストの縮減を図る必要があります。

具体的には、覆工展開画像作成等の新技術を活用してトンネルの変状展開図を作成することが挙げられます。これにより、以下のようなコスト縮減等の効果に期待できると考えられます（次回点検は令和10年を予定）。

- ・定期点検の際に覆工展開画像等を作成しその画像等を基に変状展開図を作成することにより、点検にかかる作業効率化を図ることができます。具体的には、現地での変状スケッチ作業の縮減、社内での変状展開図作成作業の効率化が見込めます。
- ・定期点検の際に覆工展開画像等を作成することにより、変状が過去からどの程度進行しているのかを具体的に把握できます。これにより、変状の進行程度によって補修時期や補修規模を合理的に判断できるため、補修に要する予算を平準化できると考えられます。

上記の取組などの新技術を活用した点検を行うことにより、今後50年間で約200万円の維持管理費縮減を目指します。

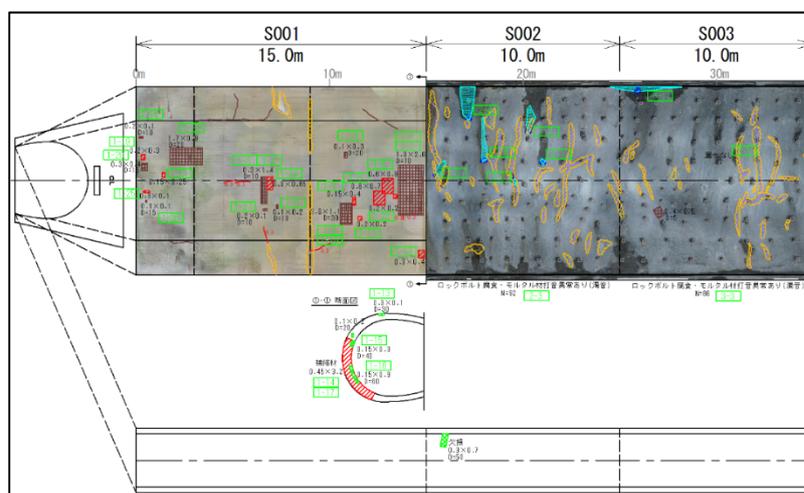


図7 変状展開画像を活用した点検(細川末清隧道)

【巻末資料】

・トンネル維持管理費試算結果

表 トンネル維持管理費試算結果（予算の平準化前）

年度	点検	長寿命化計画	補修設計	補修対策工事	計(千円)
2023	4,000				4,000
2024		1,500	4,000		5,500
2025					0
2026				19,940	19,940
2027				1,560	1,560
2028	4,000				4,000
2029		1,500	4,000		5,500
2030					0
2031					0
2032				21,806	21,806
2033	4,000				4,000
2034		1,500	4,000		5,500
2035					0
2036					0
2037				1,560	1,560
2038	4,000				4,000
2039		1,500	0		1,500
2040					0
2041					0
2042					0
2043	4,000				4,000
2044		1,500	0		1,500
2045					0
2046					0
2047					0
2048	4,000				4,000
2049		1,500	4,000		5,500
2050					0
2051				3,152	3,152
2052				22,656	22,656
2053	4,000				4,000
2054		1,500	4,000		5,500
2055					0
2056				1,560	1,560
2057					0
2058	4,000				4,000
2059		1,500	4,000		5,500
2060					0
2061				18,654	18,654
2062					0
2063	4,000				4,000
2064		1,500	4,000		5,500
2065					0
2066				1,560	1,560
2067					0
2068	4,000				4,000
2069		1,500	4,000		5,500
2070				3,152	3,152
2071				2,716	2,716
2072					0
計50年					185,316

表 トンネル維持管理費試算結果（予算の平準化後）

年度	点検	長寿命化計画	補修設計	補修対策工事	計(千円)
2023	4,000				4,000
2024		1,500	4,000		5,500
2025					0
2026				19,940	19,940
2027				1,560	1,560
2028	4,000				4,000
2029		1,500	4,000		5,500
2030					0
2031				10,200	10,200
2032				11,606	11,606
2033	4,000				4,000
2034		1,500	4,000		5,500
2035					0
2036					0
2037				1,560	1,560
2038	4,000				4,000
2039		1,500	0		1,500
2040					0
2041					0
2042					0
2043	4,000				4,000
2044		1,500	0		1,500
2045					0
2046					0
2047					0
2048	4,000				4,000
2049		1,500	4,000		5,500
2050					0
2051				12,952	12,952
2052				12,856	12,856
2053	4,000				4,000
2054		1,500	4,000		5,500
2055					0
2056				1,560	1,560
2057					0
2058	4,000				4,000
2059		1,500	4,000		5,500
2060				10,200	10,200
2061				8,454	8,454
2062					0
2063	4,000				4,000
2064		1,500	4,000		5,500
2065					0
2066				1,560	1,560
2067					0
2068	4,000				4,000
2069		1,500	4,000		5,500
2070				3,152	3,152
2071				2,716	2,716
2072					0
計50年					185,316