

阿 武 町
道路トンネル長寿命化修繕計画
(ホームページ公開用 概要版)

令 和 5 年 3 月

 山口県阿武町土木建築課

目 次

1. 背景と目的	1
1.1 背景	1
1.2 目的	1
2. 阿武町が管理するトンネルの現状	2
2.1 トンネル本数及び位置図	2
2.2 トンネル概要	3
3. 阿武町におけるトンネル維持管理の考え方	5
3.1 維持管理の基本方針	5
3.2 定期点検の実施	6
3.3 点検結果に基づく健全性の診断	7
3.4 対策(措置)の実施	8
4. 阿武町におけるトンネル長寿命化修繕計画	10
4.1 トンネルマネジメントのフロー	10
4.2 優先順位の設定	11
4.3 劣化予測	12
4.4 対策工法の選定	13
4.5 LCC(ライフサイクルコスト)の計算	14
4.6 長寿命化修繕計画の策定	15
4.7 新技術等の活用方針の検討	17
4.8 費用縮減に関する方針の検討	18
4.9 集約・撤去等における検討	18
5. 計画策定担当部署及び意見聴取した学識経験者	19

1. 背景と目的

1.1 背景

社会資本は、社会・経済活動や安全で快適な住民生活を支える最も重要な基盤であり、これまで橋梁・道路トンネル（以下「トンネル」と言う）などの社会資本を計画的に整備してきたところです。トンネルは、一般的に地形の制約を受ける箇所であり、通行が困難となった場合に適当な迂回路がないことが多く、交通に与える影響が大きいため、きめ細かい維持管理が必要とされています。

阿武町が管理するトンネル 3 本(合計延長 L=215m)の内、供用後 40 年以上を経過したものは、2023 年(令和 5 年)現在で 1 本(約 33%)ですが、20 年後には 3 本(100%)となります。このため、従来の事後保全型の維持管理を継続した場合、大規模な補修が一時期に集中することとなり、限られた予算の中でトンネルを適切に維持管理できなくなる恐れがあります。

このことから、昨今の厳しい財政状況の下、今あるトンネルを計画的・効果的に修繕しながら長期的に利用するため、これまで以上に戦略的な取組みが求められています。

1.2 目的

本計画の目的は、以下のとおりです。

- ・阿武町が管理するトンネルに対して計画的な点検及び診断を実施します。
- ・平成 30 年度に実施した定期点検及び診断結果をふまえて、必要な対策を適切な時期に着実かつ効率的・効果的に実施します。
- ・これらの取組を通じて得られた情報を記録し、次期の点検・診断等に活用するなど「メンテナンスサイクル」を構築し、持続的に発展させます。
- ・住民の安全・安心を確保し、中長期的な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、住民の財産であるトンネルを適切に管理することを本計画の目的とします。

2. 阿武町が管理するトンネルの現状

2.1 トンネル本数及び位置図

阿武町では、令和5年3月31日現在、3本のトンネルを管理しています。
地域毎のトンネル数を表2-1に、トンネル位置を図2-1に示します。

表2-1 地域毎のトンネル数

地域	トンネル数
大字奈古	2
大字宇田	1

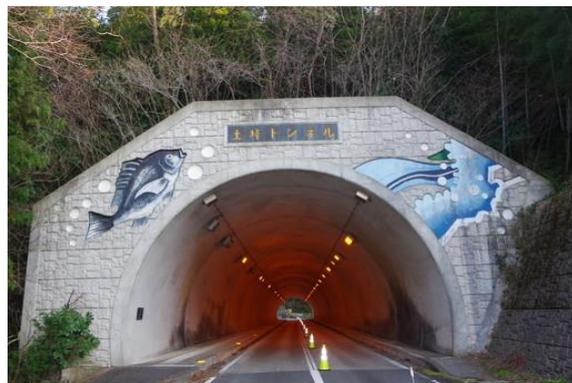


図2-1 トンネル位置図

2.2 トンネル概要

(1) 土埜トンネル

- ・所在地：阿武町大字奈古地内
- ・町道名：東方筒尾線
- ・竣工年(供用年数)：平成9年(26年)
- ・延長：L=118.0m
- ・道路幅員：W=9.25m
- ・有効高：H=4.7m



(2) 筒尾峠隧道

- ・所在地：阿武町大字奈古地内
- ・町道名：東方筒尾線
- ・竣工年(供用年数)：平成2年(33年)
- ・延長：L=82.0m
- ・道路幅員：W=8.75m
- ・有効高：H=4.7m



(3) 後平トンネル

- ・所在地：阿武町大字宇田地内
- ・町道名：宇田中央線
- ・竣工年(供用年数)：不明(推定40年以上)
- ・延長：L=15.0m
- ・道路幅員：W=4.0m
- ・有効高：H=4.0m(建築限界3.7m)



阿武町が管理するトンネルの一覧表を、表 2-2 に示します。

表 2-2 管理するトンネルの一覧表

整理番号	トンネル名	読み仮名	市道名	トンネル延長 (m)	竣工年	2023年時点の供用年数	2038年時点の供用年数
1	土埜トンネル	ツチダオ	東方筒尾線	118.0	平成9年 (1997年)	26	41
2	筒尾峠隧道	ツツオダオ	東方筒尾線	82.0	平成2年 (1990年)	33	48
3	後平トンネル	ウシロビラ	宇田中央線	15.0	不明 (昭和40年代推定)	40年以上 (推定)	60年以上 (推定)
合計				215.0			

表 2-2 より、2038 年(現時点から 15 年後)には、すべてのトンネルについて、供用年数が 40 年以上となります。

3. 阿武町におけるトンネル維持管理の考え方

3.1 維持管理の基本方針

トンネルの維持管理では、メンテナンスサイクル(点検、診断、措置、記録)を確実に持続させることが重要です。

道路トンネルのメンテナンスサイクルの基本的なフローを図 3-1 に示します。

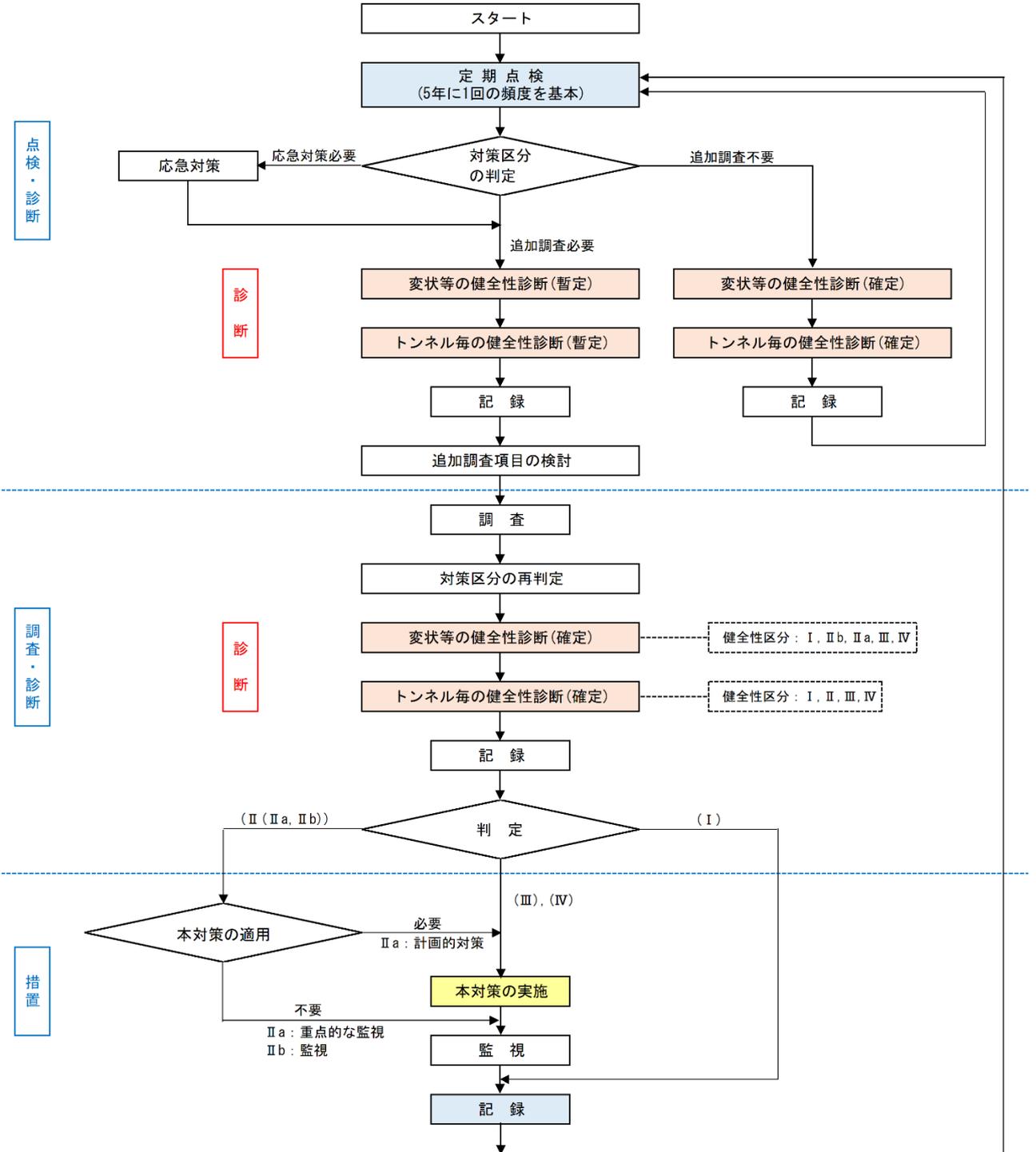


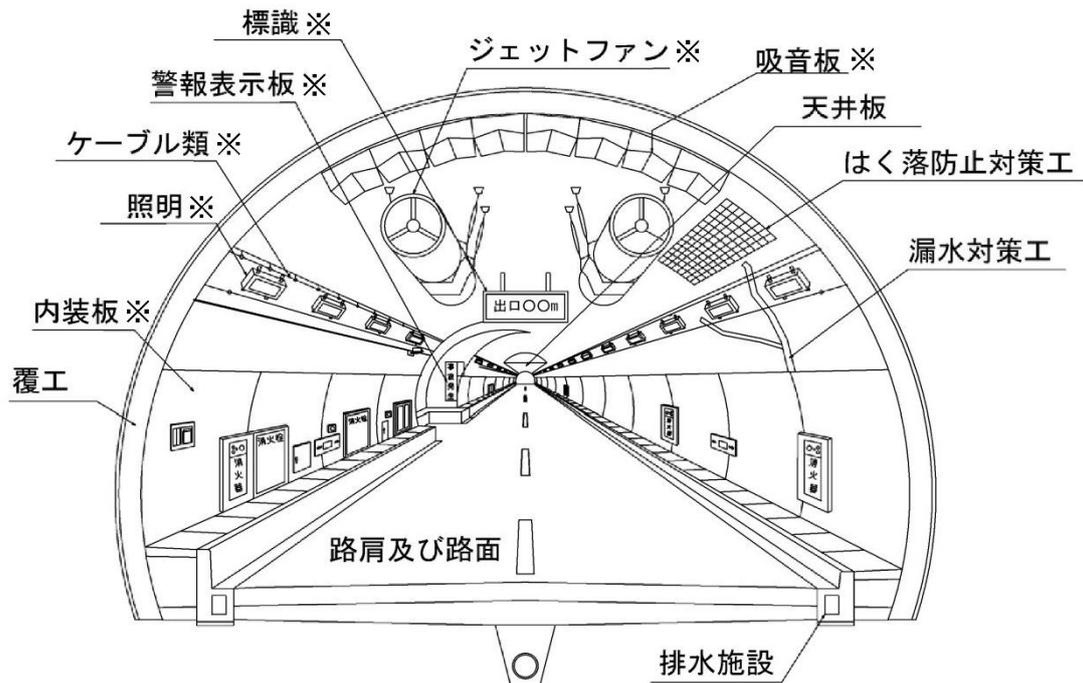
図 3-1 メンテナンスサイクルのフロー

3.2 定期点検の実施

定期点検については、5年に1回の頻度で実施することを基本とします。

点検方法については、高所作業車等の足場設備を用いて、トンネル本体工の変状を近接目視にて観察します。また、覆工表面のうき・剥離等の有無及び範囲等を確認する打音検査を実施するとともに、利用者被害の可能性のあるコンクリートのうき・剥離部を撤去するなどの応急措置を講じます。

点検対象箇所の詳細については、図3-2のとおりとします。



※：附属物は取付状態の確認を行う。

点検対象箇所（トンネル内）



点検対象箇所（トンネル坑口部）

図3-2 点検対象箇所

「山口県トンネル定期点検要領(案)」(山口県土木建築部 道路整備課、平成28年10月)より

3.3 点検結果に基づく健全性の診断

点検結果に基づいてトンネル毎の健全性診断を、表 3-1 の判定区分により行います。

表 3-1 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

直近の定期点検結果(平成 30 年度)に基づく各トンネルの健全度を、表 3-2 に示します。

表 3-2 トンネルの健全度一覧表

整理番号	トンネル名	場所	町道名	トンネル延長 (m)	トンネル毎の健全度
1	土埜トンネル	阿武町 大字奈古	東方筒尾線	118.0	III
2	筒尾峠隧道	阿武町 大字奈古	東方筒尾線	82.0	III
3	後平トンネル	阿武町 大字宇田	宇田中央線	15.0	II

(土埜トンネルについては令和 4 年度に補修工事を実施済みであるため、現在はトンネル毎の健全度 II 相当です。)

また、健全度別トンネル数については、表 3-3 のようになり、早急に措置を講ずべき状態である健全性区分 III のトンネルが、全体の 67%を占めています。

表 3-3 健全度別トンネル数

健全度				点検 未実施	合計
I	II	III	IV		
0	1	2	0	0	3

しかし、表 3-2 に示した土埽トンネルについては令和 4 年度に補修工事を実施済みであり、現在はトンネル毎の健全度Ⅱ相当であると考えられるため、令和 5 年度時点の健全度別トンネル数は表-3-4 のようになります。これにより早急に措置を講ずべき状態である健全度区分Ⅲのトンネルが全体の 33% となります。

表 3-4 健全度別トンネル数(令和 5 年度)

健全度				点検 未実施	合計
I	II	III	IV		
0	2	1	0	0	3

これをふまえて、健全性区分Ⅲのトンネルに対して早急に修繕を行い、健全性区分Ⅱのトンネルに対して予防保全の観点から修繕を行うこととします。

3.4 対策(措置)の実施

点検・調査の結果に基づく措置(対策・監視等)については、表 3-5 に示す変状毎の対策区分の判定に基づいて検討します。

表 3-5 対策の判定区分

区分	定義
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。
	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、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態。
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。
IV	利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急に対策を講じる必要がある状態。

当該トンネルにおいて、対策判定区分Ⅳの変状は発生していません。

このため、対策判定区分Ⅲのトンネルに対して、対策(修繕)工事を優先的に実施します。

措置の実施手法についても、これまでの対処療法的な維持管理手法(事後保全型)から、定期的な点検結果に基づく計画的な維持管理手法(予防保全型)に転換することにより、中長期的な維持管理のトータルコストを縮減することが可能となります。

図 3-3 に、事後保全型と予防保全型のイメージを示します。

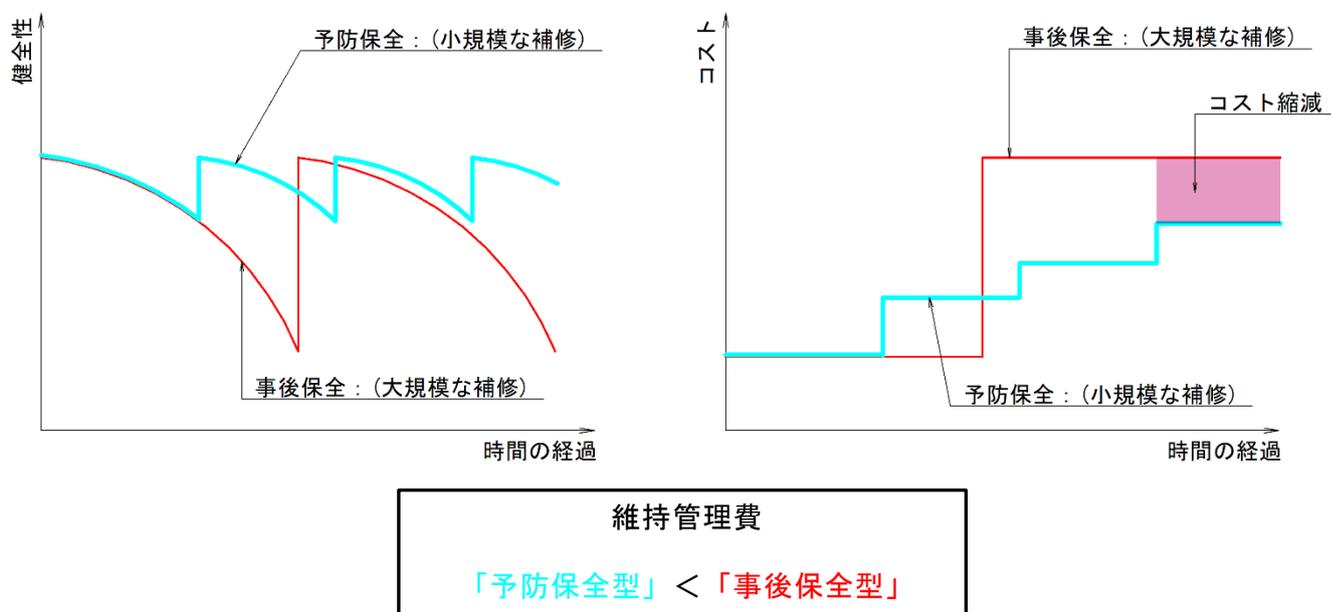


図 3-3 事後保全型と予防保全型のイメージ

トンネル本体工は外力、材料劣化、漏水等の原因により経年劣化が進行しますが、変状が顕著になってから対策を講ずると大規模な補修が必要となり、評価期間全体で考えた場合、対策費用が増大することが懸念されます。このため、定期的に点検を行い、異常を早期に確認した上で、計画的な修繕を行うことが重要となります。

4. 阿武町におけるトンネル長寿命化修繕計画

4.1 トンネルマネジメントのフロー

阿武町が管理するトンネル3本を対象として、図4-1に示すフローに従って長寿命化修繕計画の策定を行います。

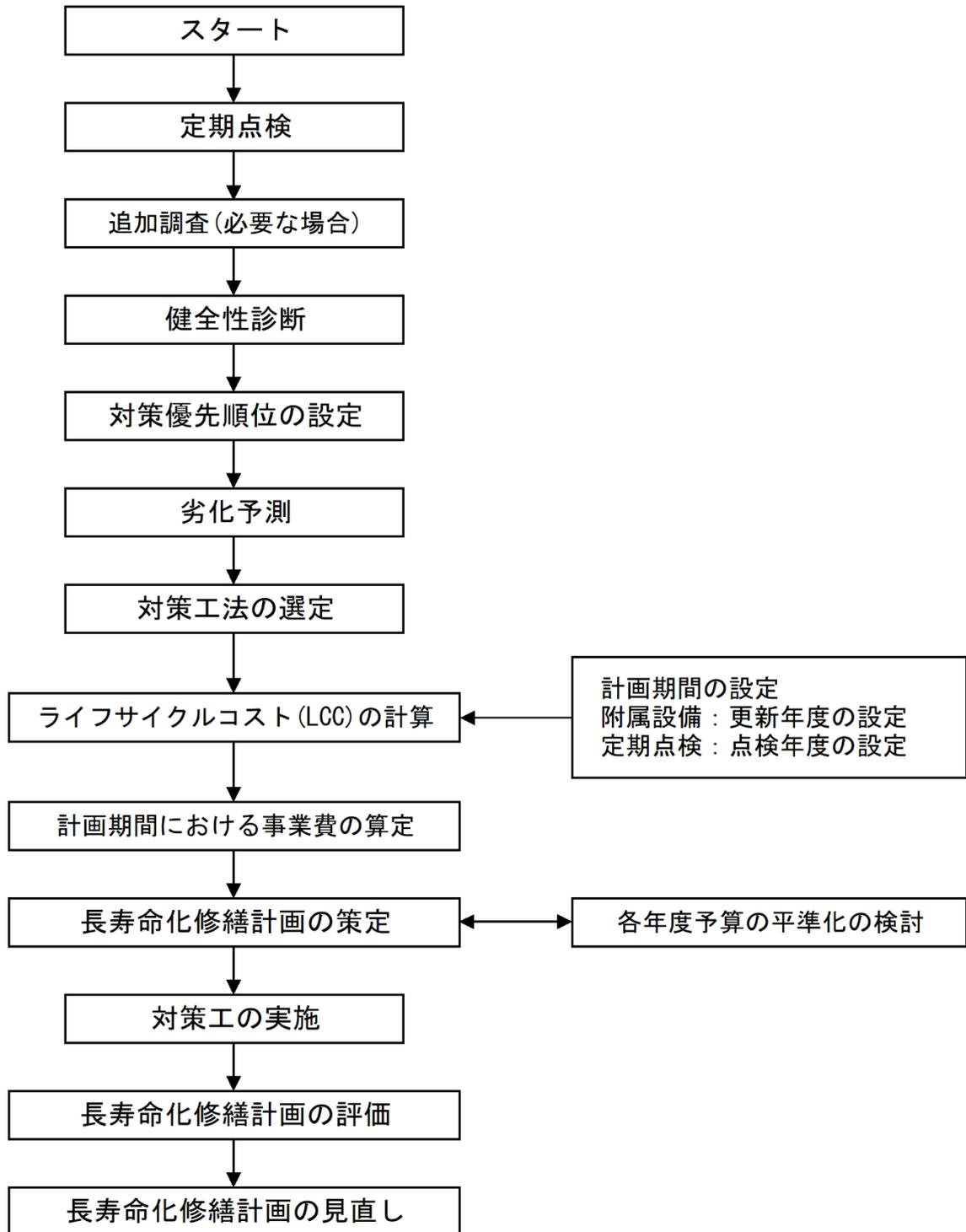


図4-1 トンネルマネジメントのフロー

4.2 優先順位の設定

トンネルの対策工を実施する優先順位については、トンネルの役割・機能・利用状況・重要性を考慮して設定します。

具体的には、以下の項目により優先順位を決定します。

- ① 緊急輸送道路の緊急重要度の順
第1次 → 第2次 → 指定外
- ② 緊急輸送道路の重要度が同じ場合は、下表に示すポイントの大きい順

表 4-1 トンネル優先度ポイント

項目	ポイントの考え方
バス路線	該 当 : 25ポイント 非該 当 : ポイントなし
迂回路(移動時間30分以内)	有 : ポイントなし 無 : 25ポイント
交通量(平日・台/日)	1000台以上 : 50ポイント 1000台未満 : (当該交通量/1000台) × 50ポイント

- ③ ポイントが同じ場合はトンネル延長が長い順

検討の結果、優先順位については表 4-2 のようになります。

表 4-2 優先順位一覧表

整理番号	トンネル名	場所	緊急輸送道路の重要度	トンネル優先ポイント					トンネル延長 (m)	最終優先順位
				バス路線	迂回路	交通量 (平日 台/日)	合計 ポイント	左記による 優先順位		
1	土埭トンネル	阿武町 大字奈古	指定外	非該当	無	500	50	1位	118.0	1位
				0	25	25				
2	筒尾峠隧道	阿武町 大字奈古	指定外	非該当	有	500	25	2位	82.0	2位
				0	0	25				
3	後平トンネル	阿武町 大字宇田	指定外	非該当	有	500	25		15.0	3位
				0	0	25				

交通量1000台以上 : 50ポイント

交通量1000台未満 : (当該交通量/1000) × 50ポイント

4.3 劣化予測

トンネルは通行車両の荷重等ではなく、覆工背面の地山状況に影響を受けて劣化が進行するため、劣化のメカニズムを明確することが難しく、トンネルの劣化予測を行うことは困難であります。このため、トンネル点検結果から評価された健全度評価ランク(判定区分)に応じて対応が必要になる年数(対策必要年数)を設定する方法で、劣化予測を実施します。

なお、健全度評価ランク(判定区分)に応じて対策が必要になるまでの年数(対策必要年数)については、表 4-3 を基本とします。

表 4-3 判定区分の対策必要年数

区分	定義	対策必要年数
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	60年
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	30年
	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、重点的な監視を行い、予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態	5年
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	3年
IV	利用者に対して影響が及ぶ可能性が高いため、緊急に対策を講じる必要がある状態	1年

4.4 対策工法の選定

トンネルの対策工は、変状原因をふまえて決定する必要があるため、3種類の変状（「外力」、「材質劣化」、「漏水」）に応じて検討することとします。

長寿命化修繕計画の費用算定にあたって、近年の施工実績を考慮し、工法（在来工法・NATM）や部位（坑門・覆工）の特性をふまえて、代表的な工法または類似工法を選定するものとします。

表 4-4 に、変状区分に応じた代表的な対策工を示します。

表 4-4 対策工の種類と選定

変状区分	代表的な変状種類	対策の分類	対策工の種類		再対策年数	
外力	圧ざひび割れ	空洞充填	裏込め注入工	可塑性エアモルタル 発泡ウレタン	永年 永年	
		地山への支持	ロックボルト工		永年	
		覆工内面補強	内面補強工	鋼板内面補強工		30
				繊維シート内面補強工		30
			内巻補強工	プレキャスト工 鋼材内巻補強工	100 50	
材質劣化	うき剥離	剥落除去後の処理	断面修復工		30	
		支持材による保持	ネット工	エキスバンドメタル工		10
				FRPメッシュ工		25
			当て板工	樹脂ネット工		25
				パネル系当て板工		30
			補強セントル工	繊維シート系当て板工		30
				鋼アーチ支保工		50
漏水等	漏水滞水	漏水	導水樋工		20	
			溝切り工		20	
			止水注入工（ひび割れ注入工・充填工）		20	
			面状漏水対策工（防水パネル工）		20	
			水抜きポーリング・水抜き孔		50	

（注）再対策年数については他機関の事例等を参考にして設定を行っており、今後のデータの蓄積に基づき、必要に応じて見直しを行うこととします。

長寿命化修繕計画において採用する代表的な工法：
 坑門
 覆工

坑門			覆工		
対象変状	トンネル工法	補修工法	対象変状	トンネル工法	補修工法
外力	在来・NATM	ひび割れ注入工	外力	在来	裏込め注入工（発泡ウレタン）
材質劣化	在来・NATM	断面修復工	材質劣化	NATM	繊維シート内面補強工
漏水	在来・NATM	止水注入工（ひび割れ充填工）	漏水	在来・NATM	FRPメッシュ工
				在来・NATM	導水樋工

ただし、土埽トンネルの長寿命化修繕計画で検討する補修工法については、令和4年度補修工事で実施した補修工法による検討をします。

なお、令和4年度補修時に実施していない対策工については、その他のトンネルと同様に表 4-4 に基づいて対策工や補修工法を選定します。

4.5 LCC(ライフサイクルコスト)の計算

道路トンネルのLCC(ライフサイクルコスト)は、計画期間を設定した上で、補修費用、設備更新費用、維持管理費用のコストを計算することとします。

トンネルは更新を考慮しない構造物であるため、寿命は永年として考え、LCC計算による経済性評価にあたっては、トンネルの減価償却施設の耐用年数や既存トンネルの平均経過年数等を勘案して、計画期間を50年とします。

トンネルのLCCは、以下のように計算するものとします。

$$\text{LCC} = [\text{補修費用}] + [\text{設備更新費用}] + [\text{維持管理費用}]$$

補修費用 : トンネル本体の各変状の対策工費用

設備更新費用 : 照明設備、非常用(防災)設備、換気設備の更新費用

維持管理費用 : 定期点検費用

補修費用の計算手順は、以下のとおりとします。

- ・トンネル本体の各変状に対する健全度評価結果(判定区分)をふまえ、劣化予測を行った上で、対策必要年数や施工年度を設定します。
- ・各変状の対策工は、対策工法リストの代表的工法または類似工法を選定します。
- ・対策工の数量を算定し、対策費用を算定します。
- ・対策工が必要となる年度に対策費用を計上します。
- ・対策工に応じた再対策年数が経過した年度に、再度同額の対策費用を計上します。

設備更新費用の計算手順は、以下のとおりとします。

- ・トンネルの建設年度を基点とし、各設備の更新年数や更新年度を設定します。
- ・各設備の更新費用を設定します。
- ・更新が必要となる年度に更新費用を計上します。
- ・各設備の更新年数が経過した年度に、再度同額の更新費用を計上します。
- ・ただし、現況設置されていない設備等を追加設置することはLCC計算に考慮していません。

維持管理費用について、定期点検の頻度を5年に1回として、各トンネルの点検費用を計上します。

4.6 長寿命化修繕計画の策定

これまでの条件に基づき、トンネルの中長期(50年間)に必要な事業予算(補修費用・設備更新費用・維持管理費用)を算定しました。

事業予算の平準化を行わず維持管理を進めた場合、補修工事が一時期に集中するため、適切な維持管理が出来なくなる恐れがあります。

よって、トンネル定期点検(直近の点検：平成30年度、次回点検：令和5年度)が5年毎に実施されることをふまえて、対策区分判定が区分Ⅲのトンネルについて優先して補修を行います。また、補修工事は新技術等の活用を検討した計画とし、次回点検まで(今後5年以内)にトンネル補修工事を完了させることを想定して、計画を行いました。

以下の表4-5に今後5年間の工事費算定結果を示します。

表4-5 今後5年間の工事費算定結果

整理番号	トンネル名	トンネル延長(m)	最終優先順位	トンネル健全性	今回計画 CASE1					備考	
					1年目 工事費 (千円) (令和5年度)	2年目 工事費 (千円) (令和6年度)	3年目 工事費 (千円) (令和7年度)	4年目 工事費 (千円) (令和8年度)	5年目 工事費 (千円) (令和9年度)		
1	土埴トンネル	118.0	1位	Ⅱ						0年目(令和4年度)に補修工事を実施済み	
2	筒尾峠隧道	82.0	2位	Ⅲ		8,500				ひびわれ補修工や剥落防止工等を計画	
3	後平トンネル	15.0	3位	Ⅱ				1,250		はく落防止工や漏水対策工等を計画	
定期点検費用 6,500											
補修工事合計金額(千円)					0	8,500	0	1,250	0		
定期点検費用を含む全体金額					6,500	8,500	0	1,250	0		

以上のことをふまえ、以下の図 4-2 に今後 50 年間で想定して算定した事業予算の推移を示します。

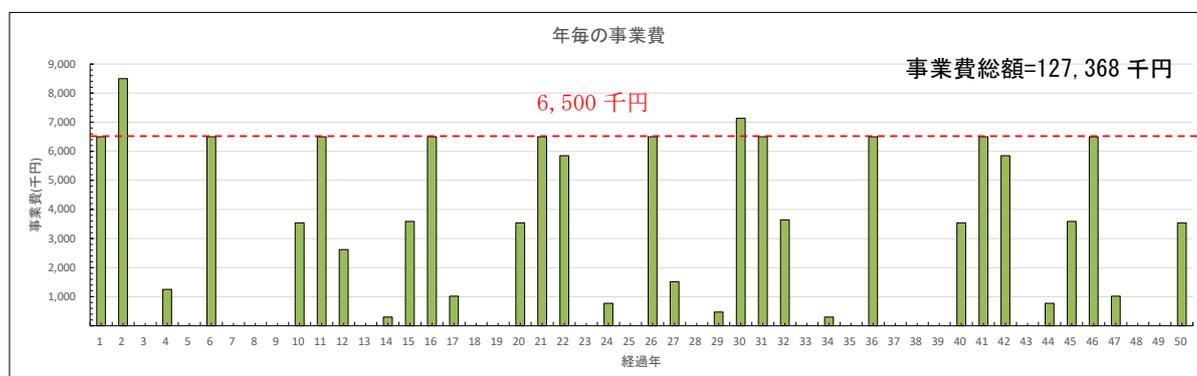


図 4-2 事業予算の推移

上図で示した事業予算の推移により、今後 50 年の期間を通して事業予算の平準化を図ることができ、一部を除き年間事業費を 6,500 千円程度に抑えることが可能になっています。

図 4-2 に示した事業費総額は補修工法に新技術等を取り入れ、平成 30 年度に策定したトンネル長寿命化修繕計画(以下「過年度計画」と略す)より見直しを行っています。これにより過年度計画の事業費総額 134,787 千円と比較して事業費総額は 7,400 千円程度の縮減が来ています。

4.7 新技術等の活用方針の検討

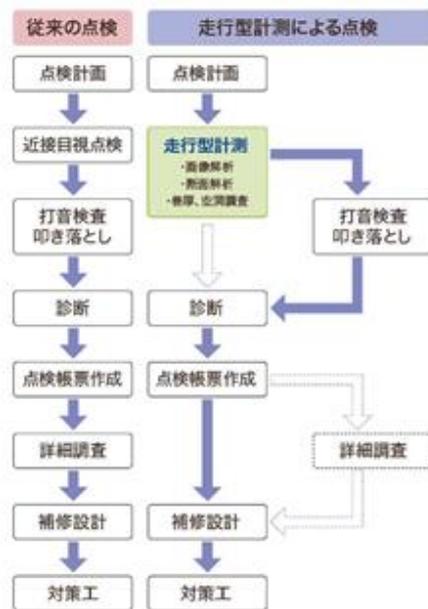
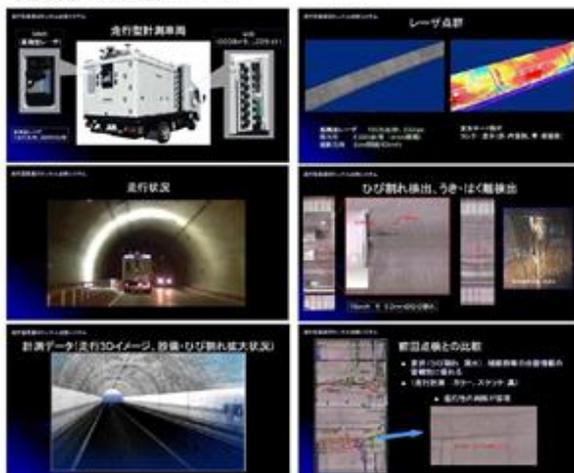
全てのトンネルにおいて定期点検の効率化や高度化、修繕等の措置の省力化や費用削減などを図るため、新技術の活用を検討を行います。

なお、新技術とは、「点検支援性能カタログ(案)」(国土交通省、令和4年9月)や「新技術情報提供システム(NETIS)」に掲載されている技術等を示します。



走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM (ミーム)

1. 現地で手持ちカメラでの撮影やひびわれ長さの計測が不要。交通規制期間の短縮ができる
2. 変状写真の整理作業が不要。作業時間の短縮ができる
3. レーザーデータを活用した画像のため、正しい寸法及び位置の変状写真・変状情報にて調査作成ができる



技術名称	三菱 インフラモニタリングシステムII MMSD® II		走行型高速3Dトンネル点検システム MIMM (ミーム)	
開発業者	三菱電機株式会社		パシフィックコンサルタンツ株式会社	
共同開発業者	-		計測検査株式会社	
NETIS番号	HR-180004-VR		KK-130026-VR	
車輛寸法	幅	2380mm	2080mm	3tトラック
	長さ	8410mm	5990mm	
	高さ	3340mm	3630mm	
走行速度	10~80km/h		80km/h以下	
車輛から竣工表面までの距離	0.3~8.0m		10 m程度以下	

4.8. 費用縮減に関する方針の検討

3トンネル合計の累積事業費(50年間のライフサイクルコスト)について、過年度計画と今回計画との対比を表 4-6に示します。

表 4-6 事業費対比表

	累積事業費(千円)	比率
過年度計画	134,787	1.000
今回計画	127,368	0.945

上表における事業費の縮減は対策工法に新技術等を活用したことによる効果です。

したがって、費用縮減に関する方針として、新技術等の活用により5年間で40万円(過年度計画の3%、今回計画における縮減率の60%程度)を目標とします。

4.9 集約・撤去等における検討

阿武町では現在3つのトンネルを管理しており、これらのトンネルに対する集約・撤去については迂回路の有無や近隣住民の利用状況を含めて検討する必要があります。検討の結果を表 4-7に示します。

表 4-7 トンネル集約・撤去について

整理番号	トンネル名	路線名	迂回路の有無	迂回路の状況	集約・撤去の可否
1	土埴トンネル	町道東方筒尾線	なし		否
2	筒尾峠隧道	町道東方筒尾線	あり	迂回路の幅員は狭い	否
3	後平トンネル	町道宇田中央線	あり	大きく迂回する必要がある、遠回りとなる。	否

迂回路がある2トンネル(筒尾峠隧道、後平トンネル)について、迂回路の状況は以下のとおりです。

筒尾峠隧道については迂回路の幅員が狭く、トンネル撤去による近隣住民の利便性が大きく低下すると考えられます。また後平トンネルについては大きく迂回する必要がある、遠回りとなることから、同様に近隣住民の利便性が著しく低下すると考えられます。

5. 計画策定担当部署及び意見聴取した学識経験者

◆計画策定担当部署

阿武町 土木建築課 TEL 08388 - 2 - 3112

◆意見聴取した学識経験者

山口大学 理事・副学長(地域連携担当)

進士 正人 教授

【学術博士 技術士(建設部門・トンネル)】