館山市　道路トンネル修繕計画

令和５年２月

館 山 市 役 所　　建 設 課

【目　次】

1.　トンネル修繕計画の背景と目的 1
1.1　背景 1
1.2　目的 2

2.　館山市のトンネルの現状 3
2.1　トンネルの現況分析 3
2.2　トンネルの変状状況 4

3.　修繕計画の基本方針 6
3.1　対象トンネル 6
3.2　修繕計画策定の基本方針 7
3.3　トンネルの機能と要求性能 9
3.4　トンネル点検 11
3.5　健全性の診断 14
3.6　管理水準 16
3.7　対策工法・耐用年数 17
3.8　対策優先順位 19
3.9　集約化・撤去、新技術等の活用、費用縮減 22

4.　修繕計画 23
4.1　修繕計画の概要 23
4.2　短期計画 25
4.3　中長期計画 26

1.　トンネル修繕計画の背景と目的

1.1 背景

日本の社会資本ストックは，その大部分が高度経済成長期の 1955 年～1973 年（約 40～60 年前）に整備されている．これらの社会資本ストックは，同時期に高齢化を迎え補修が必要となってくる．

館山市の管理する道路トンネル（以降，トンネル）においても，建設されてから 50 年を経過するものがすべてであり，トンネルの高齢化とともに損傷の顕在化が進み，適切な維持管理を行わなければ，事故等の第三者被害や通行止めなどの発生が懸念される．

経済情勢により公共事業の予算が厳しい制約条件下で，6 トンネルの維持管理を効率的かつ効果的に行っていくことが今後最優先の課題となっている．

1.2 目的

館山市が管理するトンネルに対して，従来の「事後保全」的な維持管理に代えて，定期的な点検と健全性の診断による「予防的保全」を行うことで，損傷が顕在化する前に対策を講じて，トンネルの安全・安心の確保，社会的損失の回避・抑制，維持管理の効率化，予算の平準化を目的として『トンネル修繕計画』の策定を行う．

2.　館山市のトンネルの現状

2.1 トンネルの現況分析

館山市の管理する 6 トンネルについての現況分析結果を示す.

表 2.1.1　トンネルの現況分析結果

	現況
延長	・6 トンネルすべてが延長 200m 未満で，平均延長 80m である. ・最も長いトンネルは照尾トンネル（L=143m）である.
工法	・6 トンネルすべてが素掘りで掘削され，コンクリート，コンクリートブロック，ライナープレート，吹付等で施工されている.
完成年次	・5 トンネルが 1954 年以前（供用年数 61 年）に完成され，50 年以上を経過した高齢化トンネルである. ・大形トンネルは完成年次が不明である.
車道幅	・6 トンネルすべてが車道幅 3.5m 以下で一車線通行トンネルである.
覆工	・吹付モルタル（小原 1 号トンネル，山荻 2 号トンネル，大形トンネル） ・ライナープレート（宮城トンネル，小原 2 号トンネル） ・コンクリート+コンクリートブロック+ライナープレート（照尾トンネル）

2.2 トンネルの変状状況

(1) トンネル本体工

表 2.2.1　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.

出典：道路トンネル定期点検要領　平成 26 年 6 月（国土交通省　道路局）　p.4

対象トンネル 6 トンネルの本体工の健全性は，判定区分Ⅲが 3 トンネル，Ⅱが 3 トンネルである.

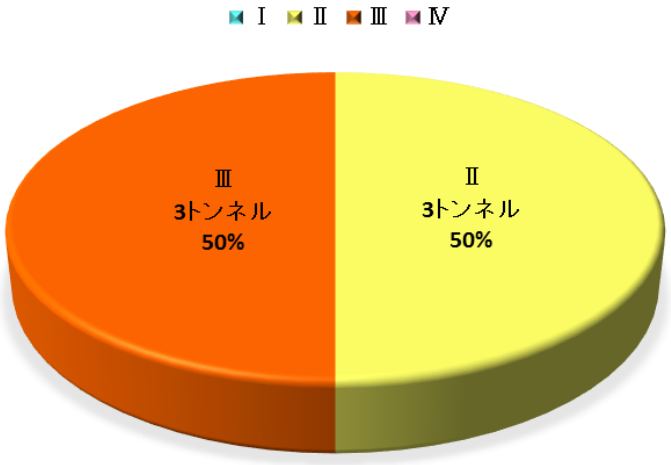


図 2.2.1　健全性の診断結果（トンネル全体）

表 2.2.2　トンネルの健全性判定結果一覧表

No.	トンネル名称	路線名	道路区分(種別)	車道幅(m)	延長(m)	完成年度	工法	覆工	健全性判定結果				摘要
									外力	材質劣化	漏水等	総合判定	
1	照尾トンネル	市道276号線	1級	3.5	143.0	S16	素掘	ライナープレート コンクリート コンクリートブロック	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	
2	宮城トンネル	市道276号線	1級	2.9	18.8	S16	素掘	ライナープレート	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	坑口（起・終点）法面の吹付は対象外
3	小原1号トンネル	市道3071号線	2級	2.7	55.1	S18	素掘	吹付モルタル	Ⅰ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	うき・はく離：アーチ部，交差ひび割れ（Ⅲ）
4	小原2号トンネル	市道2121号線	その他	3.4	68.1	S18	素掘	ライナープレート	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	
5	山荻2号トンネル	市道7022号線	1級	3.3	120.0	S29	素掘	吹付モルタル	Ⅰ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	うき・はく離：アーチ部，交差ひび割れ（Ⅲ）
6	大形トンネル	市道7040号線	その他	2.0	77.1	不明	素掘	吹付モルタル	Ⅰ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	うき・はく離：アーチ部，交差ひび割れ（Ⅲ）

(2) 附属物

附属施設（照明設備）を設置している 4 トンネルの内，附属物の取付状態の異常判定区分×が 1 トンネル，○が 3 トンネルである．異常判定区分×の箇所は、照明灯具の本体および取付金具ではなく，ケーブル取付金具の欠損である．

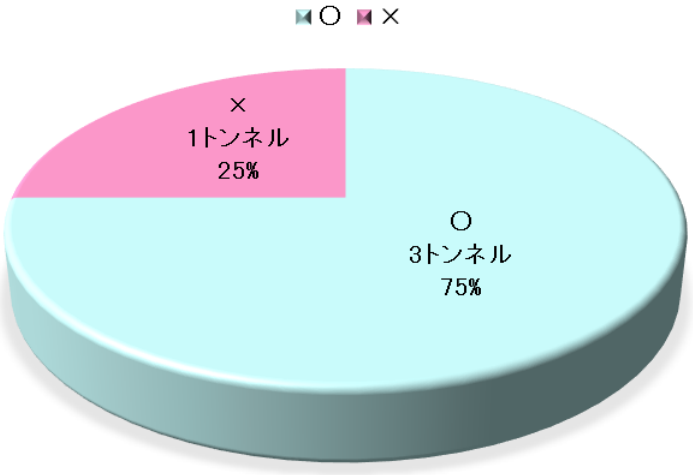


図 2.2.2　異常判定結果

表 2.2.3　附属物の異常判定結果一覧表

No.	トンネル名	照明灯具数	異常判定結果			異常箇所数	摘要
			本体	取付金具	総合判定		
1	照尾トンネル	14（蛍光灯）	○	○	○	－	
2	宮城トンネル	-	－	－	－	－	
3	小原 1 号トンネル	5（蛍光灯）	○	○	○	－	点検後対策実施済（ケーブル取付金具の欠損）
4	小原 2 号トンネル	7（蛍光灯）	○	○	○	－	点検後対策実施済（ケーブル取付金具の欠損）
5	山荻 2 号トンネル	6（ナトリウム灯）	○	×	×	1	ケーブル取付金具の欠損
6	大形トンネル	-	－	－	－	－	

3.　修繕計画の基本方針

3.1 対象トンネル

修繕計画の対象トンネルは，6 トンネルとする．

館山市で管理している全 6 トンネルを対象とする．

対象とするトンネルはすべて建設後 50 年を経過した高齢化トンネルであり，車道幅 3.5m 以下で，対策時には全面交通止での規制が必要となる．

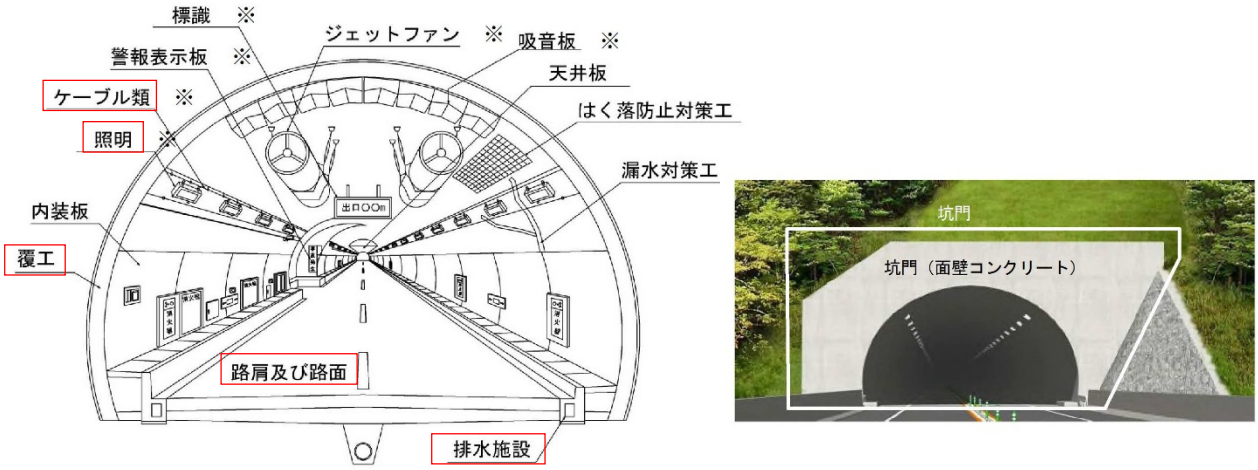
表 3.1.1　管理トンネル一覧

NO.	トンネル名称	路線名	所在地	車道幅 (m)	延長 (m)	完成年度	工法	覆工	摘要
1	照尾トンネル	市道 276 号線	大字宮城字照尾	3.5	143.0	S16	素掘	ライナープレート コンクリート コンクリートブロック	H14.3 内巻補強対策
2	宮城トンネル	市道 276 号線	大字沼字手呂尾	2.9	18.8	S16	素掘	ライナープレート	H2.3 ライナープレート設置
3	小原 1 号トンネル	市道 3071 号線	大字小原字北ノ谷	2.7	55.1	S18	素掘	吹付モルタル	
4	小原 2 号トンネル	市道 2121 号線	大字小原字菅ノ入	3.4	68.1	S18	素掘	ライナープレート	H2.3 ライナープレート設置
5	山荻 2 号トンネル	市道 7022 号線	大字山荻字外野	3.3	120.0	S29	素掘	吹付モルタル	H3.3 照明設置
6	大形トンネル	市道 7040 号線	大字畑字大形	2.0	77.1	不明	素掘	吹付モルタル	

管理するトンネルについて，トンネル本体工と附属物を対象とする．

トンネル本体工：覆工，坑門，内装板，天井板，路面，路肩，排水施設
附　　属　　物：照明施設，非常用施設，換気施設，標識，警報表示板，吸音板

※□：館山市の管理するトンネルの対象箇所



※印は附属物

図 3.1.1　トンネル本体工と附属物の構成と配置状況

3.2 修繕計画策定の基本方針

(1) マネジメントサイクル（PDCA）を確立し，点検，診断，措置，記録を確実かつ継続的に実施することにより，トンネルの機能を維持し，道路網の安全・安心の確保を図る．
(2) 「予防保全」の考え方を取り入れた計画的な対策を実施することにより，維持管理の効率化，予算の平準化を図る．

(1) 継続可能なマネジメントサイクル（PDCA）の確立

館山市が管理するトンネルはすべて建設後 50 年を経過した高齢化トンネルであり，今後予想される道路維持管理費の急速な増加により，従来の維持管理手法では対応が困難になることが予想されるため，計画策定（PLAN）→ 補修・補強（DO）→ 点検（CHECK）→ 見直し（ACTION）のマネジメントサイクルを確立し，継続的に実施することにより，トンネルの機能を確実に維持し，道路ネットワークの安全・安心の確保を図る．

定期的な点検，確実な健全性の評価，予防保全の考え方に基づいた計画的な対策を実施するとともに，各プロセスにおいて取得された情報を確実に記録し，今後の維持管理に活用する．

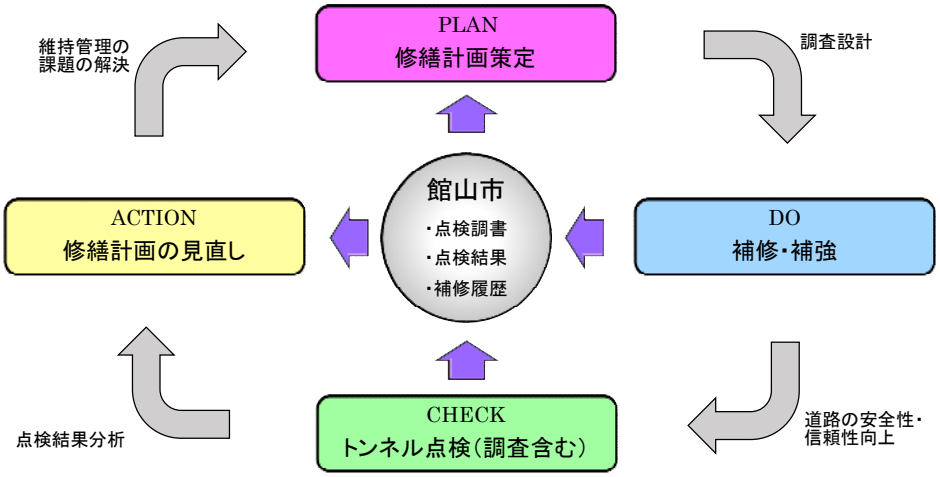


図 3.2.1　マネジメントサイクルの概念図

⑵ 予防保全による維持管理方式の導入

従来の「事後保全」による維持管理方式では，健全性が著しく低下した段階での補修となり，規模が大きくなり，対策費も大きくなる．そのため，定期点検の結果に基づき，健全性が低下する前に補修を実施する「予防保全」を取り入れることにより，維持管理の効率化，予算の平準化を図る．

「予防保全」，「事後保全」を以下のように定義する．

予防保全：	はく落等による利用者被害や，長期の交通規制を伴う工事など，社会的損失の発生を回避・抑制するため，施設の状況を綿密に把握し，変状・劣化が顕在化する前に適切な時期に補修を行うこと．
事後保全：	変状・劣化が顕在化し，施設が機能不全に陥った時点で大規模補修，改修，更新または交換を行うこと．

3.3 トンネルの機能と要求性能

・道路トンネルの機能は車両・歩行者を安全・円滑・快適に通行させることができ，所定の供用期間中にそれを維持できることである．
・トンネルが機能を維持していくために必要な要求性能は利用者の安全性能，利用者の使用性能，構造安定性能，耐久性能，管理者の使用性能，維持管理性能，周辺への影響度である．

トンネルがその機能を維持していくために必要とされる要求性能（Performance Require-ment）とは，「トンネルが機能を果たすうえで要求される能力」と定義されている．また，図 3.3.1 に示す 7 つの性能は，トンネル全般にわたり考慮すべき要求性能と位置づけられ，トンネルの工法（山岳，シールド・開削等）やトンネルの用途（鉄道・道路・電力等）にかかわらないトンネルの基本要求性能とされている．

機能（Function）：
構造物が必要とされる根本的な理由として果たすべき固有の役割．構造物が存在する本来の目的．

＜道路トンネルの機能＞
車両・歩行者を安全・円滑・快適に通行させることができ，所定の供用期間中にそれを維持管理できる．

出典：トンネルライブラリー第 21 号　性能規定に基づくトンネルの設計とマネジメント（土木学会）　p.42 引用

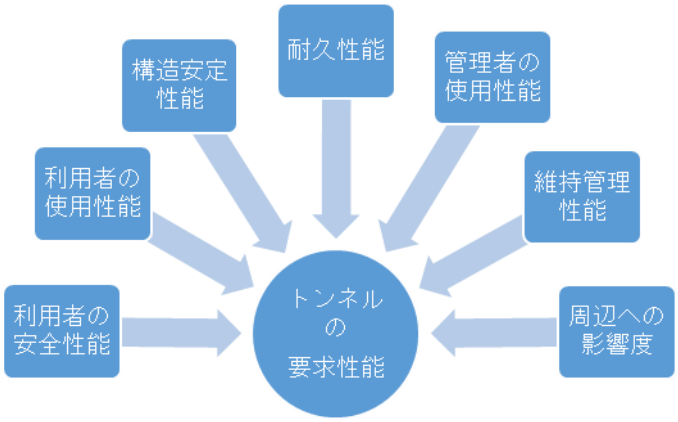


図 3.3.1　トンネルの要求性能と基本要求性能

出典：トンネルライブラリー第 21 号　性能規定に基づくトンネルの設計とマネジメント（土木学会）　p.44 引用

利用者の安全性能

・トンネルの変形やはく落等によって，利用者の人命等の安全が脅かされない能力
（例）
・自動車・人が安全に走行できる．
・非常時に利用者が安全に避難できる．

利用者の使用性能

・利用者が快適に（もしくは不快感がなく）トンネルを利用できる能力
（例）
・快適に走行できる．乗り心地がよい．
・不快感・不安感を与えない．

構造安定性能

・想定される作用に対してトンネル構造が安定している能力
（例）
・作用する荷重に対して安定する．

耐久性能

・想定される劣化要因に対して耐久力を有する能力
（例）
・供用期間中を通じて満足する状態を確保し続けている．

管理者の利用性能

・トンネルを運用する事業主体者がトンネル機能を適切に発揮できるための能力
（例）
・必要な需要を満足できる．
・必要な諸施設を設置できる．

維持管理性能

・適切な維持管理が確実に行える能力
（例）
・通常のメンテナンスを安全・容易に点検・掃除ができる．
・補修・補強が必要となった場合，安全・容易に施工ができる．

周辺への影響度

・トンネルの周辺の人・環境・物件等への影響が最小限に抑えられている能力
（例）
・周辺での振動・騒音が少ない．
・周辺地盤への影響が少ない．

注）トンネル用途を道路とした性能について具体的に（例）として示した．

図 3.3.2　トンネルの基本要求性能と具体例

出典：トンネルライブラリー第 21 号　性能規定に基づくトンネルの設計とマネジメント（土木学会）　p.43～45 引用

3.4 トンネル点検

・トンネルの点検（本体工，附属物）として，適切な時期に日常点検（パトロール），定期点検，異常時点検，臨時点検を継続して実施する．
・定期点検は，トンネルの変状と健全性を把握するため，5 年に 1 回の頻度で継続的に実施する．

(1) 点検の種類

表 3.4.1　点検種別一覧

対象	点検種別		頻度	点検手法	点検実施者	摘要
トンネル本体工	日常点検		1 回／月	車上目視	職員	
	定期点検	初回点検	覆工完成後 2 年以内	近接目視，打音検査	外部委託	
		2 回目以降点検	1 回／5 年	近接目視，打音検査（必要により）	外部委託	
	異常時点検		－	遠望目視，近接目視・打音検査（必要により）	職員（必要により外部委託）	定期点検に準ずる
	臨時点検		－	車上目視，遠望目視→近接目視・打音検査（必要により）	職員（必要により外部委託）	定期点検に準ずる
附属物	日常点検		1 回／月	車上目視	職員	トンネル本体工と同時
	定期点検	取付状態確認	1 回／5 年	近接目視，打音検査，触診	外部委託	トンネル本体工と同時
	異常時点検	取付状態確認	－	近接目視，打音検査，触診	外部委託	定期点検に準ずる
	臨時点検	取付状態確認	－	近接目視，打音検査，触診	外部委託	定期点検に準ずる

① 日常点検（本体工・附属物）

道路の通常巡回を行う際に併せて実施する点検で，パトロール車上から視認できる範囲で本体工の変状，附属物の異常を把握する点検である．

② 定期点検（本体工・附属物）

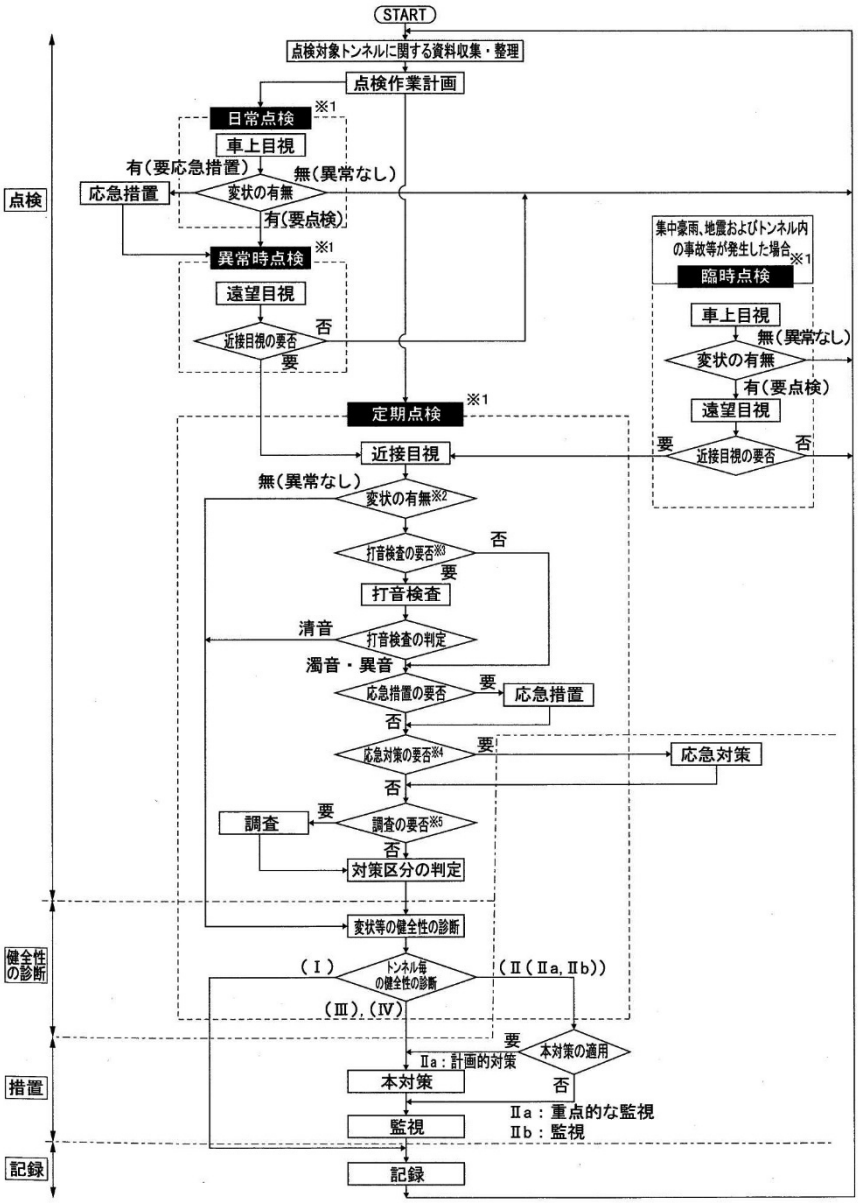
トンネル本体工の変状、附属物の取付状態の異常やその進行性を把握し，トンネルの保全を図るとともに，利用者被害を未然に防止するために行う点検である．

③ 異常時点検（本体工・附属物）

日常点検で変状・異常が確認された場合に行う点検である．

④ 臨時点検（本体工・附属物）

地震，集中豪雨等の自然災害やトンネル内の事故発生時に行う点検である．



※1　各点検を行った結果は，所定の記録様式に記録する。

※2　変状の有無：目視による変状の把握には限界がある場合もあるため，必要に応じて触診や打音検査を含む非破壊検査技術等を適用する。

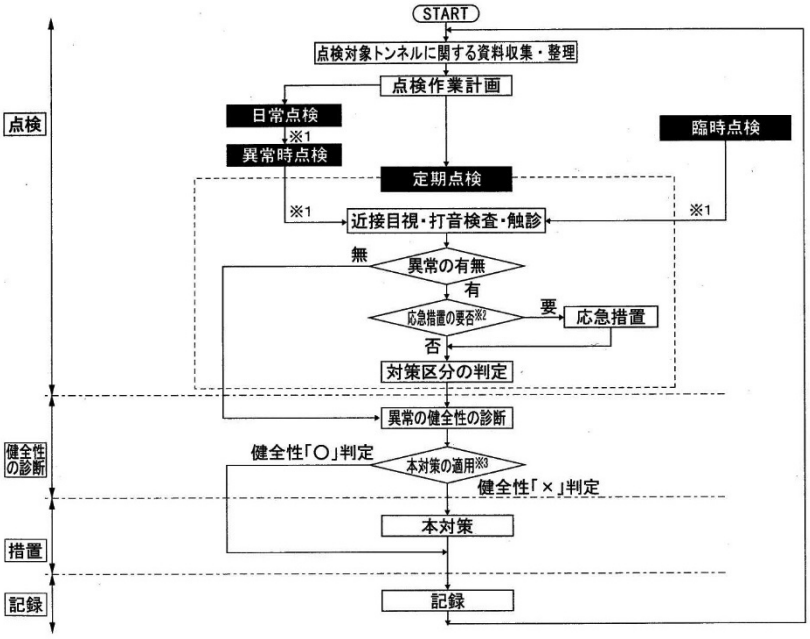
※3　打音検査の要否：初回の点検においては，トンネルの全延長の覆工表面の全面に対して打音検査を実施する。二回目以降の点検においては，前回の定期点検で確認されている変状箇所，新たに変状が確認された箇所，対策工が施されている箇所およびその周辺，水平打継ぎ目・横断目地部およびその周辺に対して実施することを基本とする。また，附属物を取り付けるボルト・ナット等に対して実施する。なお，内装板，路面はハンマーによる打音検査の対象としない。

※4　応急対策の要否：利用者に対して影響が及ぶ可能性が高く，のちの調査や健全性の診断を経て本対策を実施するまでの間で，安全性が確保できないと判断された変状に対しては，応急対策を適用する。なお，※5 に示すように，調査を省略して，応急対策に代えて本対策を適用できる場合もある。

※5　調査の要否：変状原因の推定のための調査を実施し，本対策の要否およびその緊急性の判定を行う必要がある場合と，変状原因が明らかであり（すでに調査が行われている場合も含む），調査を省略して本対策の要否およびその緊急性の判定ができる場合を判断することで，調査を合理的に実施できる場合がある。

図 3.4.1　本体工の維持管理に関する基本的な流れ

出典：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】　平成 27 年 6 月（(社) 日本道路協会）　p.22，23



※1　本体工の一般的な維持管理の手順の中で実施する日常点検，異常時点検，臨時点検により異常が確認され，附属物の取付状態の確認が必要と判断された場合に実施する。

※2　応急措置の要否：利用者被害を与えるような異常が発見された場合には，被害を未然に防ぐためボルトの緩みの締直し等の応急措置を行う。

※3　本対策の適用：附属物の取付状態に対する異常は，外力に起因するものが少ないと考えられ，原因推定のための調査を要さない場合がある。また，附属物の取付状態の異常は，利用者被害につながる可能性があるため，異常箇所に対しては再固定，交換，撤去する方法や設備全体を更新するなどの方法による対策を早期に実施する必要がある。

図 3.4.2　附属物の取付状態の判定に関する基本的な流れ

出典：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】　平成 27 年 6 月（(社) 日本道路協会）　p.24

3.5 健全性の診断

(1)トンネル（本体工）の健全性の判定区分は Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳとする．
(2)現状では変状の劣化予測は困難であり，対策工が必要となる時期は定期点検に基づく変状等の健全性の判定区分により設定する．

(1) 健全性の診断

1) 本体工

①トンネルの変状状況の把握：点検結果
②変状等の健全性の診断　　：材質劣化，漏水による変状は変状単位で，外力に起因する変状は覆工スパン単位で判定を実施する．
③トンネル毎の健全性の診断：変状等の健全性の診断に基づき，覆工スパン毎の健全性を診断し，その結果を総合して，トンネル毎の健全性の診断を行う．

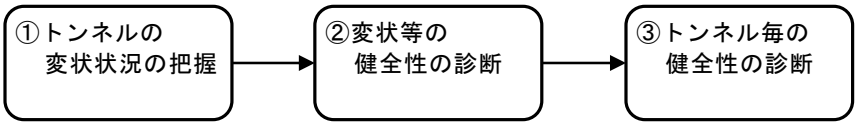


図 3.5.1　健全性の診断の流れ

変状等の健全性の診断は，表 3.5.1 に示す健全性の判定区分に基づき，変状（材質劣化，漏水，外力）毎に判定し，対策実施済のトンネルについては，対策実施後の状況で判定する．

トンネル毎の健全性の診断について，覆工スパン毎の健全性は，各変状（材質劣化，漏水，外力に起因するもの）のうちで最も評価の厳しい健全性とし，覆工スパンで最も評価の厳しい健全性をトンネル毎の健全性とする．

表 3.5.1　健全性の判定区分

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.

出典：道路トンネル定期点検要領　平成 26 年 6 月（国土交通省　道路局）p.4

表 3.5.2　判定区分Ⅰ～Ⅳと措置との関係

区分		状　態
Ⅰ	健全	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	予防保全段階	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，又は予防保全の観点から対策を必要とする状態.
Ⅲ	早期措置段階	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	緊急措置段階	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.

出典：道路トンネル定期点検要領　平成 26 年 6 月（国土交通省　道路局）p.5

表 3.5.3　対象トンネルの健全性の判定区分・措置

<table>
<tr><th colspan="2">区分</th><th>状　　態</th><th colspan="2">トンネル毎の
健全性の区分</th><th>対策の実施</th></tr>
<tr><td>Ⅰ</td><td>健全</td><td>構造物の機能に支障が生じていない状態.</td><td colspan="2">Ⅰ：(0 トンネル)</td><td rowspan="2">対策を行わない
(0 トンネル)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ⅱ</td><td rowspan="2">予防保全段階</td><td rowspan="2">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.</td><td rowspan="2">Ⅱ</td><td>監視：(0 トンネル)</td></tr>
<tr><td>対策：(3 トンネル)</td><td rowspan="3">対策を行う
(6 トンネル)</td></tr>
<tr><td>Ⅲ</td><td>早期措置段階</td><td>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.</td><td colspan="2">Ⅲ：(3 トンネル)</td></tr>
<tr><td>Ⅳ</td><td>緊急措置段階</td><td>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.</td><td colspan="2">Ⅳ：(0 トンネル)</td></tr>
</table>

2) 附属物

表 3.5.4　附属物に対する異常判定区分

異常判定区分	異常判定の内容
×	附属物の取付状態に異常がある場合
○	附属物の取付状態に異常がないか，あっても軽微な場合

異常判定区分×：
「×判定」は以下に示すような状況である.
(a)利用者被害の可能性がある場合.
(b)ボルトの緩みを締め直したりする応急措置が講じられたとしても，今後も利用者被害の可能性が高く，再固定，交換，撤去や，設備全体を更新するなどの方法による対策が早期に必要な場合.

異常判定区分○：
「○判定」は以下に示すような状況である.
(a)異常はなく，特に問題のない場合.
(b)軽微な変状で進行性や利用者被害の可能性はなく，特に問題がないため，対策が必要ない場合.
(c)ボルトの緩みを締め直しする応急措置が講じられたため，利用者被害の可能性はなく，特に問題がないため，対策の必要ない場合.
(d)異常箇所に対策が適用されて，その対策の効果が確認されている場合.

出典：道路トンネル定期点検要領　平成 26 年 6 月（国土交通省　道路局）p.47

表 3.5.5　対象トンネルの異常判定区分・対策

異常判定区分	対策の実施	摘　要
×	対策を行う　　(1 トンネル)	点検後に対策実施済（2 トンネル）
○	対策を行わない　(3 トンネル)	

3.6 管理水準

予防保全による維持管理を実施することを基本に，措置は健全性に基づき実施することから，健全性に基づき管理水準を設定する．

(1) 管理水準の設定（本体工）

「点検」と「対策の実施」を組み合わせて，予防保全による維持管理を行うため，管理水準を設定する．

表 3.6.1　健全性の判定区分に対する管理水準の一覧表

<table>
<tr><th colspan="3">トンネル毎の健全性の区分</th><th colspan="2">管理水準区分</th><th>対応期間</th></tr>
<tr><td>Ⅰ</td><td colspan="2">健全</td><td>①</td><td>－</td><td rowspan="3">中長期計画</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ⅱ</td><td rowspan="2">予防保全段階</td><td>監視</td><td>②</td><td>監視</td></tr>
<tr><td>対策</td><td>③</td><td>対策実施</td></tr>
<tr><td>Ⅲ</td><td colspan="2">早期措置段階</td><td>④</td><td rowspan="2">許容しない</td><td>短期計画</td></tr>
<tr><td>Ⅳ</td><td colspan="2">緊急措置段階</td><td>⑤</td><td>緊急</td></tr>
</table>

1) 管理水準①②

対策の必要がなく，監視により変状の状況を把握するための管理水準．これらの変状が「Ⅲ」へ進行するのを確認するため維持管理を行う．

・監視を必要としない「Ⅰ」の変状　⇒「管理水準①」
・監視を必要する「Ⅱ」の変状　⇒「管理水準②」

2) 管理水準③

中長期計画期間で予防保全の観点から計画的に対策を実施する変状に対する管理水準．対策を実施することで維持管理を行う．

・重点的な監視と計画的に対策が必要な「Ⅱ」の変状　⇒「管理水準③」

3) 管理水準④⑤

短期計画期間で対策を必要とする変状に対する管理水準．

・早期に対策を必要とする「Ⅲ」の変状　⇒「管理水準④」
・緊急に対策を必要とする「Ⅳ」の変状　⇒「管理水準⑤」

短期計画　：現在の変状（判定区分：Ⅳ，Ⅲ）に対して対策を講じ，予防保全による維持管理へ移行するための初期の計画

中長期計画：利用者に対して影響が及ぶ可能性がある変状に対して，予防保全の観点から監視および計画的に対策を講じる短期計画以降の計画

3.7 対策工法・耐用年数

・対策工は，要求性能の確保を前提として，変状内容・変状原因に応じて標準対策工法から，トンネル諸元，施工条件（建築限界余裕等）を考慮して選定することを基本とする．対策実施箇所の健全性はⅠに回復するものと設定する．
・再補修は，対策工の耐用年数を基本とするが，予防保全の観点に基づき，定期点検時の健全性の診断より健全性Ⅱ（対策）に達した時点で計画的に対策を実施する．
・対策工の耐用年数は，定期点検結果よりデータ収集し，随時見直す．

(1) 本体工

表 3.7.1　山岳トンネルにおける標準的な対策工法

対策の区分[注1]			対策の分類	対策工の種類	
外力	はく落防止	漏水			
	○		はく離部の事前除去対策	はつり落とし工	
	○		はく落除去後の処理対策	断面修復工	
	○		覆工の一体性の回復対策	ひび割れ注入工	
	○		支保材による保持対策	金網・ネット工	金網工（クリンプ金網，エキスパンドメタル）
					ネット工（ＦＲＰ[注2] メッシュ，樹脂ネット）
				当て板工	形鋼系（平鋼，山形鋼，溝型鋼）当て板工
					パネル系（鋼板，成型板）当て板工[注3]
					繊維シート系[注4] 当て板工
				補強セントル工	鋼アーチ支保工
○	△		覆工内面の補強対策	内面補強工	繊維シート[注4] 補強工
					格子筋補強工
					成型版接着工
					鋼板接着工[注3]
				内巻補強工	吹付け工
					場所打ち工
					プレキャスト工
					埋設型枠・モルタル充填工
					鋼材補強工[注5]
		○	漏水対策	線状の漏水対策工	導水樋工
					溝切り工
					止水注入工（ひび割れ注入）
					止水充填工（Ｖカット充填）
				面状の漏水対策工	防水パネル工
					防水シート工
					防水塗布工
○[注6]				地下水位低下工	水抜きボーリング，水抜き孔
					排水溝
△[注7]		○（凍結防止）	凍結対策	断熱工	断熱材を適用した線状・面状の漏水対策工
					表面断熱処理工
○			覆工背面の空洞充填対策	裏込め注入工	
○	△		地山への支持対策	ロックボルト工	ロックボルト工，アンカー工
○			地山改良対策	地山注入工	薬液注入工
○	△	△	覆工改築対策	覆工改築工	部分改築工，全面改築工
				インバート工	インバート新設または改築

凡例：○対策の主目的として効果を期待するもの，△対策を行うことで同時に効果が期待できるもの
注1）トンネル内部より施工する工法の分類であり，トンネル外部より実施する外力対策（アンカー，抑止杭等）は除外している。
注2）FRP: Fiber Reinforced Plastic
注3）鋼板の場合は，重量が重く樹脂等で接着する場合は，将来的な劣化による落下への留意が必要である。
注4）現在トンネル覆工の内面補強工として使用されている繊維材料は，炭素繊維とアラミド繊維がある。当て板工として用いられる繊維材料は，炭素繊維，アラミド繊維，ビニロン繊維，ナイロン繊維，ガラス繊維等がある。
注5）補強セントル工に対し内巻補強工（鋼材補強工）は，ライナープレート等（鋼アーチ支保工と組み合わせる方法もある）を覆工内空側に設置し，鋼材と覆工面の間にエアモルタル等を充填し，両者の一体化を図る工法であり，工法分類では両者を区分している。なお補強セントル工に吹付け工または場所打ち工を組み合わせて内巻補強を行う場合もある。
注6）水圧が外力として作用する場合。
注7）凍上圧が作用する場合。

出典：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】　平成 27 年 6 月（(社) 日本道路協会）　p.246

表 3.7.2　対象トンネルに適用する標準的な対策工法・耐用年数

対策工法	主とする材料	耐用年数	摘要
金網・ネット工	エキスパンドメタル	15 年	
	FRP メッシュ	20 年	
吹付工	普通モルタル	20 年	
	プレミックスモルタル（ノンポリマー系等）	40 年	
ライナープレート工	亜鉛メッキ	50 年	
プレキャスト工		50 年	
ロックボルト工		50 年	
導水樋工		20 年	
溝切り工		20 年	
止水注入工		20 年	
防水塗布工	防水シート＋ポリマーセメントモルタル	30 年	照尾トンネルで補修対策済

(2) 附属物

附属物の異常箇所に対しては，個別に再固定，交換，撤去等や設備全体の異常状況，供用年数を考慮して設備全体を更新するなどの対策を講じる．

3.8 対策優先順位

・対策の優先順位はトンネル毎の健全性により決定する．
　健全性Ⅳが優先度が最も高く，Ⅰが最も低くなる．
・健全性により定まる優先順位は，優先順位評価点（道路区分（種類），要対策スパン比率，迂回時間）に基づき決定する．

(1) 評価指標の抽出

道路の重要度，利用頻度を考慮して，評価指標を抽出する．

・トンネル毎の健全性

利用者の安全性，および構造安定性（耐久性）を判定しており，対策の緊急性，必要性を点検により直接評価しているためトンネル毎の健全性は最も重要視すべき指標となる．

・道路区分（種類）

館山市について市道の重要度により道路区分（種類）がされている．そのため道路区分（種類）は道路の重要度を評価する指標となる．

・要対策スパン比率

対策未実施区間が多い場合には，構造安定性が低くなり，第三者被害の発生の可能性が高くなる．そのため，要対策スパン比率は構造安定性，利用者への安全性の影響度を評価する指標となる．

※要対策スパン比率は対策を計画する（判定区分Ⅳ，Ⅲ，Ⅱ（要対策））スパンのトンネル全スパンに対する比率（%）とする．

・迂回時間

迂回路の代替による機能回復を確保できるかを考慮すると，迂回時間は利用者への影響を評価する指標となる．

※迂回時間は迂回距離を設計速度 15km／h で走行するものとして，設定している．

(2) 評価指標の優先順位

①トンネル点検によって診断される損傷や劣化の程度　⇒「トンネル毎の健全性」
②道路の重要度　⇒「道路区分（種類）」
③対策未実施区間の構造安定性，利用者への安全性の影響度　⇒「要対策スパン比率」
④代替による機能回復，利用者への影響　⇒「迂回時間」

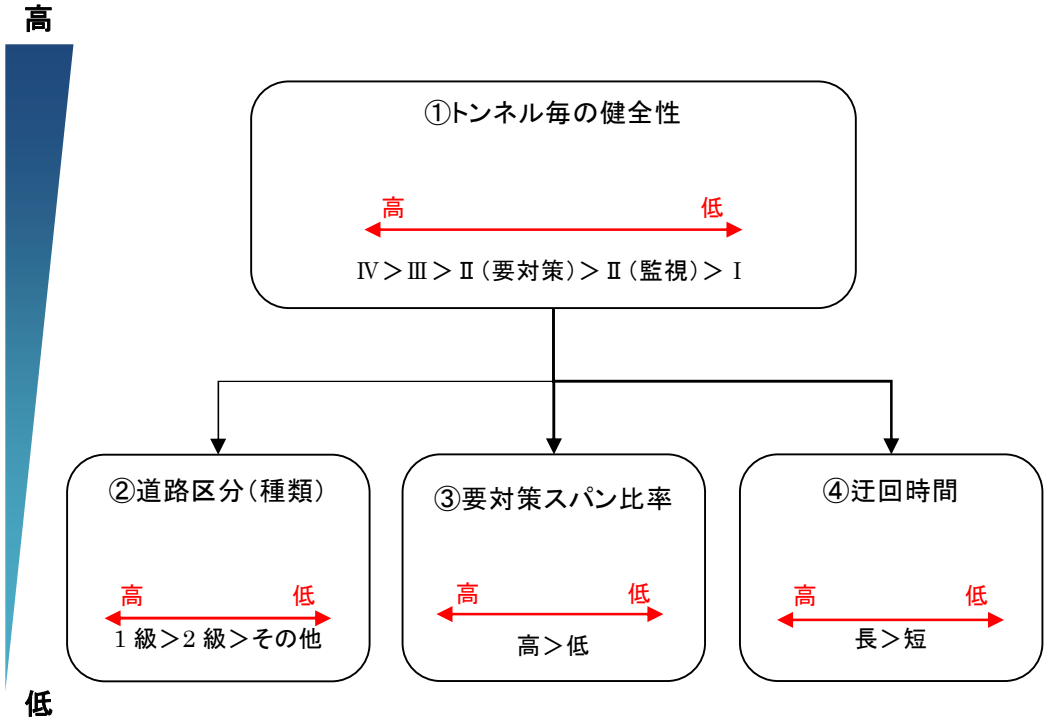


図 3.8.1　優先順位設定模式図

(3) 優先順位評価点

評価点は評価指標（道路区分（種類），要対策スパン比率（%），迂回時間）毎に評価基礎点により算出し，集計する．

評価点の高いものが優先度が高く，低いものが低くなる．

表 3.8.1　優先順位評価点

評価指標		評価基礎点
道路区分（種類）	1 級	5
	2 級	3
	その他	1
要対策スパン比率(%)	80～100	5
	60～80 未満	4
	40～60 未満	3
	20～40 未満	2
	20 未満	1
迂回時間	45 分以上	5
	30～45 分未満	4
	15～30 分未満	3
	5～15 分未満	2
	5 分未満	1

表 3.8.2　対象トンネルの対策優先順位結果

優先順位	No.	トンネル名称	健全性の判定区分	優先順位評価									優先順位評価点	備考
				道路区分（種類）		要対策スパン比率（%）（要対策スパン数/全スパン数）				迂回時間（迂回距離（km）/設計速度（15km/h））				
						全スパン数	要対策スパン数	比率（%）		迂回距離（km）	迂回時間（分）			
					点数				点数			点数		
1	5	山荻2号トンネル	Ⅲ	1級	5	14	11	78.6%	4	1.5	0:06	2	11	
2	3	小原1号トンネル	Ⅲ	2級	3	8	6	75.0%	4	2.5	0:10	2	9	
3	6	大形トンネル	Ⅲ	その他	1	10	4	40.0%	3	6.5	0:26	3	7	
4	2	宮城トンネル	Ⅱ	1級	5	3	2	66.7%	4	6.5	0:26	3	12	要対策
5	1	照尾トンネル	Ⅱ	1級	5	17	2	11.8%	1	6.5	0:26	3	9	要対策
6	4	小原2号トンネル	Ⅱ	その他	1	11	8	72.7%	4	1.9	0:08	2	7	要対策

3.9 集約化・撤去、新技術等の活用、費用縮減

(1) 集約化・撤去

トンネルの設置場所やその必要性から、集約化・撤去の検討をすすめていくことは困難ではあるが、社会経済情勢や利用状況の変化、施設周辺の道路整備状況に応じて、集約化・撤去および機能縮小などによる費用削減に取り組むこととする。

また、撤去が可能と判断できた場合には関係者等の同意を得たうえで実施する。

(2) 新技術等の活用

定期点検及び修繕を実施するにあたっては、新技術等の動向を把握し、従来工法と新技術等を含めた比較検討を実施するものとし、検討した結果、新技術の活用により事業の効率化や費用縮減が図れる場合には、新技術を積極的に採用するものとする。

(3) 費用縮減

定期点検の効率化や修繕費用を削減するため、新技術の活用を比較検討し、費用縮減を図るものとする。

4.　修繕計画

4.1 修繕計画の概要

・修繕計画は，対象トンネルに対して，点検，診断，措置，記録を確実かつ継続実施する．
・「予防保全」の考え方を取り入れた計画的な対策を実施することにより，維持管理の効率化，予算の平準化を図る．
・各プロセスにおいて取得された情報を更新，蓄積し，今後の維持管理に活用する．
・修繕計画は，定期点検毎に見直すことを基本とする．

(1) 管理水準の設定（本体工）

「点検」と「対策の実施」を組み合わせて，予防保全による維持管理を行うため，管理水準を設定する．

表 4.1.1　健全性区分に対する管理水準の一覧表

<table>
<tr><th colspan="3">トンネル毎の健全性の区分</th><th colspan="2">管理水準区分</th><th>対応期間</th></tr>
<tr><td>Ⅰ</td><td colspan="2">健全</td><td>①</td><td>－</td><td rowspan="3">中長期計画</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ⅱ</td><td rowspan="2">予防保全段階</td><td>監視</td><td>②</td><td>監視</td></tr>
<tr><td>対策</td><td>③</td><td>対策実施</td></tr>
<tr><td>Ⅲ</td><td colspan="2">早期措置段階</td><td>④</td><td rowspan="2">許容しない</td><td>短期計画</td></tr>
<tr><td>Ⅳ</td><td colspan="2">緊急措置段階</td><td>⑤</td><td>緊急</td></tr>
</table>

修繕計画は，管理水準に基づき短期計画と中長期計画より構成される．

短期計画は，管理水準に基づき，許容しない（判定区分Ⅳ，Ⅲ）変状に対して対策を講じ，予防保全による維持管理へ移行するための初期の計画である．中長期計画は，維持管理費の動向を考慮して，利用者に対して影響が及ぶ可能性がある変状に対して，予防保全の観点から監視および計画的な対策を講じる短期計画以降の計画である．

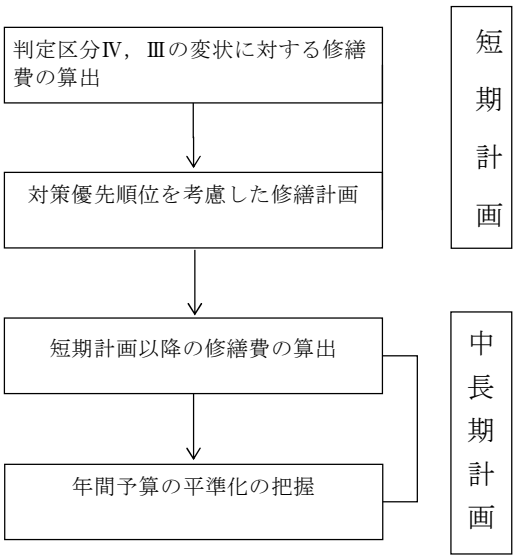


図 4.1.1　短期計画，中長期計画の流れ

⑵ 修繕費

修繕費は，本体工（変状対策費，更新費），附属物（更新費），調査設計費より算出し，事業費は定期点検費を含む.

⑶ 対象期間の設定

修繕計画の対象期間は，短期計画，中長期計画を合わせて 50 年とする.

4.2 短期計画

短期計画は管理水準に基づき，許容しない判定区分（Ⅳ，Ⅲ）の変状に対して対策を講じ，予防保全による維持管理へ移行するための計画であり，対策優先順位，対策完了時期を考慮して作成する．

(1) 管理水準

表 4.2.1　健全性の判定区分に対する管理水準

トンネル毎の健全性の区分			管理水準区分		対応期間	対象トンネル
Ⅰ	健全		①	－	中長期計画	
Ⅱ	予防保全段階	監視	②	監視		
		対策	③	対策実施		
Ⅲ	早期措置段階		④	許容しない	短期計画	小原１号トンネル 山荻２号トンネル 大形トンネル
Ⅳ	緊急措置段階		⑤		緊急	

(2) 修繕費

短期計画における修繕費として，本体工の変状対策工事費（健全性の判定区分：Ⅳ，Ⅲ），それに伴う調査設計費を見込む．

表 4.2.2　短期計画における修繕費集計

	種別	概算修繕費（万円）		摘　　要
		変状対策費	調査設計費	
本体工	判定区分Ⅲ（Ⅱ（要対策）含む）変状対策費	5,420	2,260	
	計	7,680		

※消費税を含まない

(3) 対策優先順位を考慮した修繕計画

次回定期点検(2018 年)までに対策が完了するには,約 8,000 万円程度の予算が必要となる．

表 4.2.3　短期計画

※消費税を含まない

優先順位	No.	トンネル名称	健全性	短期計画					
				概算修繕費(Ⅲ)					合計（万円）
				変状対策費			調査設計費		
				年度	内容	金額（万円）	年度	金額（万円）	
1	5	山荻2号トンネル	Ⅲ	2017	はく落防止	1,630	2016	770	2,400
2	3	小原1号トンネル	Ⅲ	2018	はく落防止	3,510	2017	830	4,340
3	6	大形トンネル	Ⅲ	2018	はく落防止	280	2017	660	940
4	2	宮城トンネル	Ⅱ						
5	1	照尾トンネル	Ⅱ						
6	4	小原2号トンネル	Ⅱ						
		合計				5,420		2,260	**7,680**

4.3 中長期計画

中長期計画は，マクロ的な視点でトンネル全体の維持管理費の動向を考慮して利用者に対して影響が及ぶ可能性がある変状に対して，予防保全の観点から計画的な対策を講じる計画であり，効果的な維持管理を継続していくために，対策優先順位，年間予算の平準化を考慮して作成する．

(1) 管理水準

表 4.3.1　健全性の判定区分に対する管理水準

トンネル毎の健全性の区分			管理水準区分		対応期間
Ⅰ	健全		①	－	中長期計画
Ⅱ	予防保全段階	監視	②	監視	
		対策	③	対策実施	
Ⅲ	早期措置段階		④	許容しない	短期計画
Ⅳ	緊急措置段階		⑤		緊急

(2) 修繕費および事業費

中長期計画における修繕費として，短期計画以降で実施する本体工の既設更新費（変状対策区間以外），変状対策更新費，附属物の設備更新費，調査設計費より算出し，事業費として，定期点検費を見込む．

表 4.3.2　中長期計画における修繕費および事業費集計

	種別	概算事業費（万円）		摘　　要
		工事費	調査設計費	
本体工	既設更新費	36,340	2,240	防水塗布工 2 回，その他 1 回
	変状対策更新費	5,420	840	
	計	41,760	3,080	
		44,840		
附属施設	照明更新費	2,960	2,560	2 回
	計	5,520		
トンネル定期点検費		5,000		10 回
合計		55,360		

※消費税を含まない

(3) 年間予算の平準化

吹付モルタル，ライナープレートの施工時期がほぼ同時期であり，今回の点検結果に基づく変状対策もほぼ同時期となり，トンネル本数も 6 トンネルと少ないため，更新時期が集中することになり，中長期計画の各年度の修繕費に大きなバラツキが生じることになる．

これを解決するためには，1 トンネルの更新費を分割して実施することにより予算の平準化を図る必要がある．

ただし，全体的な予算の平準化を行うために，更新時期を分割しすぎると，交通規制の回数が増えることにより利用者への影響が大きくなり，費用が増加することになり効果的でないと考えられる．中長期における年間予算の最大を約 3,000 万円（消費税を含まない）として，更新時期とその他の期間を区分して，予算の平準化を図るものとする．

年間予算（平準化前）を図 4.3.1 に，年間予算（平準化後）を図 4.3.2 に，修繕計画（年間予算平準化後）を表 4.3.3 に示す．

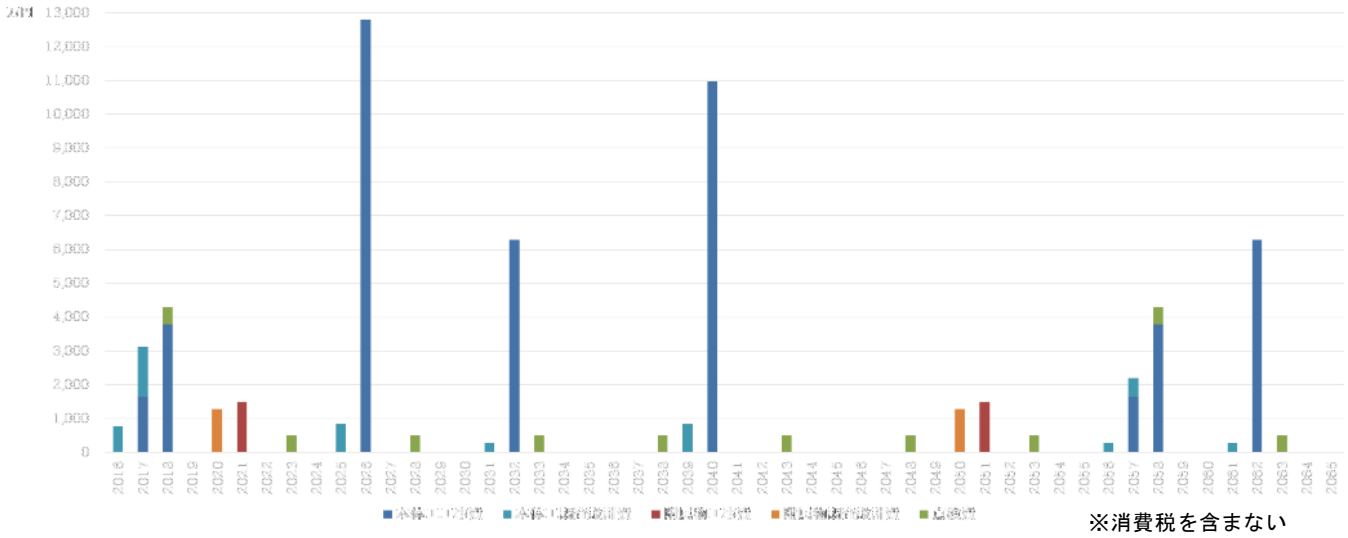


図 4.3.1　年間予算（平準化前）

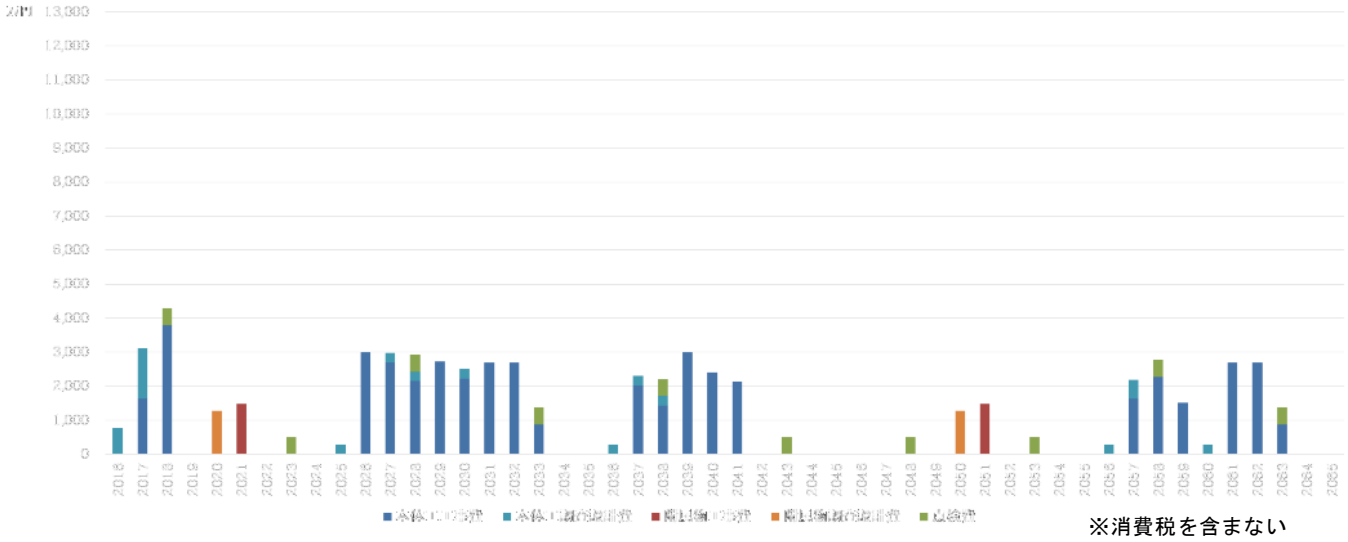


図 4.3.2　年間予算（平準化後）

表 4.3.3　修繕計画（年間予算平準化後）

優先順位	No.	トンネル名称	健全性	年度									
				2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
1	5	山荻2号トンネル	Ⅲ	設計	工事			設計（附属）	工事（附属）				設計
2	3	小原1号トンネル	Ⅲ		設計	工事		設計（附属）	工事（附属）				
3	6	大形トンネル	Ⅲ		設計	工事							
4	2	宮城トンネル	Ⅱ										
5	1	照尾トンネル	Ⅱ					設計（附属）	工事（附属）				
6	4	小原2号トンネル	Ⅱ					設計（附属）	工事（附属）				
修繕費（万円）				770	3,120	3,790		1,280	1,480				280
定期点検費（万円）						500					500		
概算事業費（万円）				770	3,120	4,290		1,280	1,480		500		280

優先順位	No.	トンネル名称	健全性	年度									
				2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
1	5	山荻2号トンネル	Ⅲ	工事	工事	工事							
2	3	小原1号トンネル	Ⅲ		設計	工事	工事						
3	6	大形トンネル	Ⅲ			設計	工事	工事					
4	2	宮城トンネル	Ⅱ										
5	1	照尾トンネル	Ⅱ					設計	工事	工事	工事		
6	4	小原2号トンネル	Ⅱ										
修繕費（万円）				3,000	2,980	2,430	2,720	2,510	2,700	2,700	880		
定期点検費（万円）						500					500		
概算事業費（万円）				3,000	2,980	2,930	2,720	2,510	2,700	2,700	1,380		

優先順位	No.	トンネル名称	健全性	年度									
				2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
1	5	山荻2号トンネル	Ⅲ										
2	3	小原1号トンネル	Ⅲ										
3	6	大形トンネル	Ⅲ										
4	2	宮城トンネル	Ⅱ	設計	工事								
5	1	照尾トンネル	Ⅱ		設計	工事							
6	4	小原2号トンネル	Ⅱ			設計	工事	工事	工事				
修繕費（万円）				280	2,300	1,710	3,000	2,400	2,130				
定期点検費（万円）						500					500		
概算事業費（万円）				280	2,300	2,210	3,000	2,400	2,130		500		

優先順位	No.	トンネル名称	健全性	年度									
				2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055
1	5	山荻2号トンネル	Ⅲ					設計（附属）	工事（附属）				
2	3	小原1号トンネル	Ⅲ					設計（附属）	工事（附属）				
3	6	大形トンネル	Ⅲ										
4	2	宮城トンネル	Ⅱ										
5	1	照尾トンネル	Ⅱ					設計（附属）	工事（附属）				
6	4	小原2号トンネル	Ⅱ					設計（附属）	工事（附属）				
修繕費（万円）								1,280	1,480				
定期点検費（万円）						500					500		
概算事業費（万円）						500		1,280	1,480		500		

優先順位	No.	トンネル名称	健全性	年度										合計
				2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	
1	5	山荻2号トンネル	Ⅲ	設計	工事									
2	3	小原1号トンネル	Ⅲ		設計	工事	工事							
3	6	大形トンネル	Ⅲ		設計	工事								
4	2	宮城トンネル	Ⅱ											
5	1	照尾トンネル	Ⅱ					設計	工事	工事				
6	4	小原2号トンネル	Ⅱ											
修繕費（万円）				280	2,190	2,280	1,510	280	2,700	2,700	880			58,040
定期点検費（万円）						500					500			5,000
概算事業費（万円）				280	2,190	2,780	1,510	280	2,700	2,700	1,380			63,040