

酒田市トンネル長寿命化修繕計画



令和5年3月



酒田市 建設部土木課

【目次】

	ページ
1. 計画策定の背景・目的	2
1.1. 計画策定の背景	2
1.2. 計画策定の目的	2
2. 計画の策定方針	3
2.1. 計画策定の基本方針	3
2.2. トンネル長寿命化修繕計画の考え方	4
2.3. 点検方法	6
2.4. 新技術等の活用方針	7
2.5. 費用の縮減に関する具体的な方針	7
3. 対象施設の状態	8
3.1. 対象施設の諸元	8
3.2. 直近における点検結果	8
4. 対策内容と実施時期	9
4.1. 計画実施期間	9
4.2. 対策内容	9
4.3. 対策の優先順位の考え方	10
4.4. 対策に係る全体概算事業費	11
4.5. 維持補修に関する情報の管理・更新	13

1. 計画策定の背景、目的

1.1. 計画策定の背景

道路は市民生活を支える基礎となる社会資本であり、全国に張り巡らされています。急峻な地形が多い日本国内には、現在使用している道路トンネルは約1万箇所のにぼります。これらの道路トンネルのうち、約20%が建設後50年を超えています。今後もトンネルの老朽化が進み、補修が必要なトンネルは増えていきます。

そこで、限られた財源のなかで将来にわたりトンネルの機能を維持していくために、計画的にトンネル補修を進めていくことが全国的に重要な課題となっています。

本市においても、道路トンネルの管理は重要な課題と考えています。

日本の道路トンネル

道路種別	箇所数・延長	トンネル長の平均
高速自動車国道	1450 箇所	1003 m/箇所
	1454 km	
一般国道(直轄)	1656 箇所	624 m/箇所
	1033 km	
一般国道	2545 箇所	465 m/箇所
	1184 km	
都道府県道	2712 箇所	350 m/箇所
	950 km	
市町村道	2549 箇所	187 m/箇所
	477 km	
合計	10912 箇所	467 m/箇所
	5098 km	

2019年3月末時点 国土交通省道路統計年報2020より

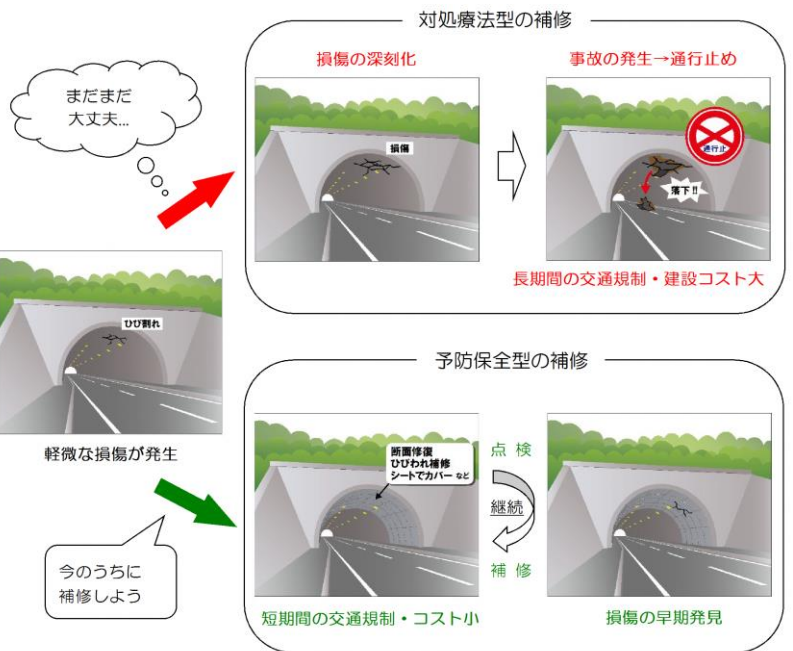
1.2. 計画策定の目的

本市では、令和4年3月に「酒田市橋梁長寿命化修繕計画」を策定し、これまでの事後保全型から予防保全型の維持管理に移行して、道路橋梁の長寿命化およびコスト削減対策に取り組んでいます。

道路トンネルも重要インフラであることから、今後、より安全で効率的な維持管理を実施していくため、修繕計画を策定することとしました。

【トンネルの維持管理に係る動き】

- ①トンネル定期点検を実施した(平成30年度)。
- ②定期点検により発見した破損箇所の補修工事を実施した(令和元年度)。
- ③最新の定期点検および補修工事の内容を反映して、計画を策定する。



対処療法型の補修と予防保全型の補修のちがい

2. 計画の策定方針

2.1. 計画策定の基本方針

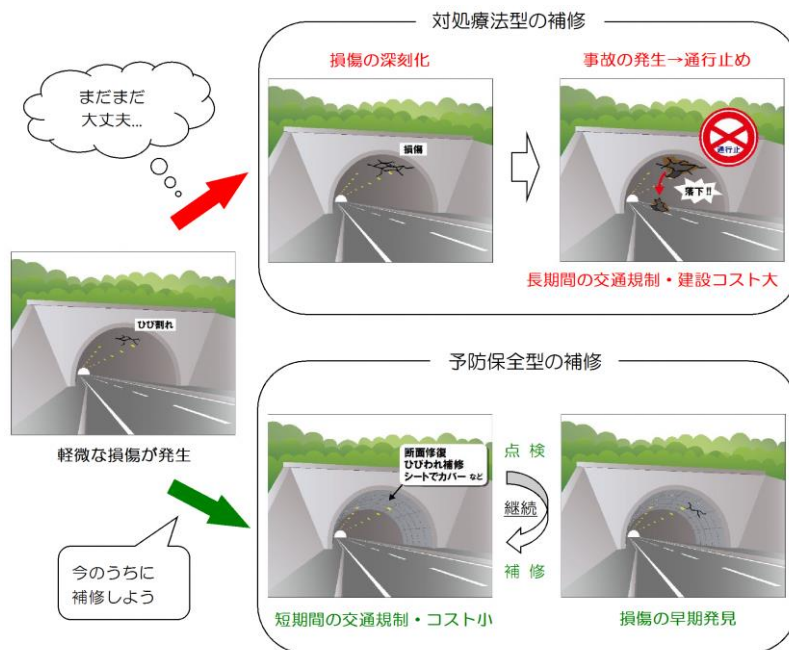
トンネル長寿命化修繕計画は、下記の項目を基本方針として策定します。

【①管内トンネルの長期間（30年程度）にわたる維持補修計画の立案】

トンネルを安全に通行できる状態を、長期間にわたり確保できる維持補修計画とします。

【②予防保全型の維持管理の実施】

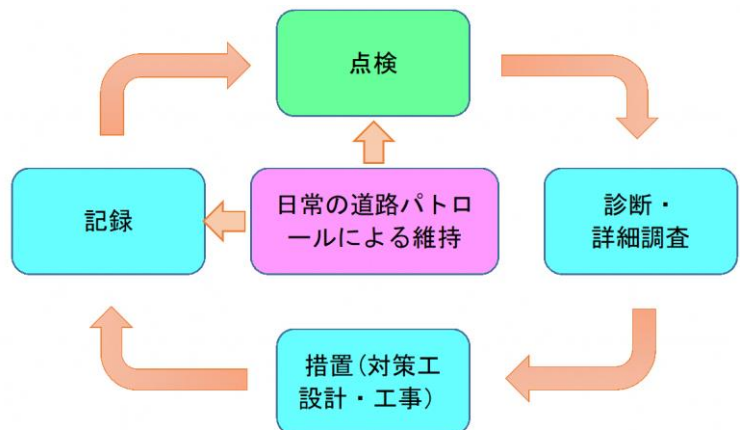
従来の「悪くなったら補修する」対処療法型（事後保全）ではなく、「悪くなる前に補修する」予防保全型の維持管理を行うことで、大規模な補修工事の回避を目指します。原則として5年毎に定期点検を行い、見つけた損傷に対して必要な補修工事を早期に実施することで、安全に通行できる状態を安定して確保することができます。



対処療法型の補修と予防保全型の補修のちがい

【③維持補修に関する情報の管理・更新手法の立案】

予防保全型の維持管理で重要となる「点検→診断→措置→記録→点検」のサイクルが長期にわたって有効に稼働するよう、トンネル維持補修に関する情報の管理・更新手法を立案します。



維持管理サイクルのイメージ

2.2. トンネル長寿命化修繕計画の考え方

2.2.1. トンネルの特性


トンネルは、橋梁など他の土木構造物とは異なる特性を持ち、特殊な構造物と言えます。

- 特性①：トンネルは、岩とコンクリート・鉄骨などの材料が一体となって形を保っています。

トンネル施工法


トンネルは大きく分けて2つの工法で作られている。

矢板工法(在来工法) 鉄や木で岩を支える方法。




木製支保工

鋼製支保工



鋼製支保工



吹付けコンクリート・ロックボルト
NATM工法(山岳工法)

岩じたいを鉄筋とコンクリートで補強して自立させる方法。

道路トンネルの技術に関する講習会資料(2015.5.29高
速道路調査会)」の図に加筆

NATM工法(山岳工法)



ロックボルトと吹付けコンクリートで地山を補強して自立させる工法。現在の主流。

山岳トンネル施工方法の概要
1980年代までは在来工法、1990年代以降はNATM工法が主流。

山岳工法(NATM工法)の断面模型と実際の掘削現場



トンネル内の覆工は無筋コンクリート

地山が厚ければ、圧縮力のみ作用するため、鉄筋は不要。



坑口部の覆工は鉄筋コンクリート

地山が薄く、力の作用する方向が複雑なため、コンクリートに曲げる力が作用する。

- 特性②：トンネルの不具合を「変状」と呼びます。代表的な変状は、コンクリートのひび割れ、はく離、漏水などです。トンネルの変状はコンクリートの劣化で発生しますが、交通量が多いほど変状が増えるわけではありません。
- 特性③：トンネルが通る山の地質はトンネルごとにすべて異なり、掘る方法も様々です。このためトンネル変状の原因を単純にパターン化することが難しくなっています。

2.2.2. トンネル長寿命化修繕計画の考え方

トンネル変状の原因はトンネル毎に異なるため、「トンネルが何年先にどの程度劣化するかを予測する」方法は、現状では確立していません。したがって、トンネル長寿命化修繕計画の策定は、次の考え方に沿って行います。

【計画立案の考え方】

- ①状態を監視しながら修繕を行う「状態監視型予防保全」の考え方にに基づき計画する。
- ②修繕計画の立案目的は、「大規模工事の回避」とし、「コストの平準化」は可能な範囲で行う。
- ③定期点検実施により、トンネルの劣化状態を常に把握する。
- ④トンネル劣化対策に必要な実施事項を設定し、実施事項ごとの費用を推定する。
- ⑤各年の維持管理費用が出来るだけ平準化するよう実施計画を立案する。

長寿命化修繕計画の対比表（橋梁等と山岳トンネル）

	橋梁などの一般構造物 (鉄筋コンクリート)	山岳トンネル (原則、無筋コンクリート)
機能劣化と対策の考え方	<p>Bridge 明確な荷重と構造系</p> <p>（本図は※1 より転載）</p>	<p>Tunnel 不明確な荷重と異なる構造系</p> <p>（本図は※1 より転載）</p>
長寿命化修繕計画の考え方	<p>【劣化予測型予防保全】(※2)</p> <p>○アセットマネジメントの考え方に基づく「劣化予測」および「予防保全による維持費低減」を明示した維持管理計画を立案する。</p>	<p>【状態監視型予防保全】(※2)</p> <p>○定期点検でトンネルの劣化状態を常に把握する。○トンネル劣化対策に必要な実施事項を設定し、実施事項ごとの費用を推定する。○維持管理費用が出来るだけ平準化するよう実施計画を立案する。</p>

(※1) 図の出典：「地下構造物のアセットマネジメント」土木学会(2015) p33
 (※2) 参考文献：山形市道路トンネル長寿命化修繕計画 令和3年11月改訂

2.3. 点検方法

(1) 点検の種類

トンネルの劣化状態を常に把握するためには、点検が必要となります。トンネル点検には下記の種類がありますが、平成 26 年の改正道路法施行により、道路管理者には 5 年に 1 回の「定期点検」が義務付けられ、長寿命化計画において重要な役割を担っています。

トンネル点検の種類

点検種別	頻度	方法	実施者
①通常点検	日常	道路パトロールの際に地上から目視	市職員
②定期点検	5年に1回	高所作業車を使った近接目視が基本 支援技術の活用可	市職員・専門技術者
③異常時点検	異常発生時（災害、大事故等）	定期点検と同様	市職員・専門技術者
④詳細点検・調査	重大変状の原因を調査する時	近接目視の他、調査項目ごとの方法	市職員・専門技術者

(2) 定期点検の方法

トンネル定期点検は、「道路トンネル定期点検要領 平成 31 年 3 月 国土交通省道路局」に基づき実施します。

①初回点検

トンネルの全延長を対象として近接目視やハンマーによる打音点検を行い、トンネル変状位置の特定とトンネル健全度評価を行います。

②2回目以降点検


トンネルの全延長を対象とした近接目視を基本に、前回定期点検からの変状の進行状況や、新たな変状の発生を確認します。

(3) トンネル健全度の評価

トンネルの健全度は、下表に示した 5 段階評価（Ⅰ～Ⅳ）で評価します。

補修工事が必要となるのは、Ⅱa（計画的に対策）、Ⅲ（早期に対策）、Ⅳ（緊急に対策）と評価した変状のあるトンネルとなります。

トンネル点検における判定区分 赤枠内:補修工事が必要

程度	判定区分	状態	
 軽 重	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)	Ⅱb	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
	Ⅲ (早期措置段階)	Ⅱa	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
	Ⅳ (緊急措置段階)		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
			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

「道路トンネル定期点検要領(国土交通省;平成 31 年 3 月)」に加筆。

2.4. 新技術等の活用方針

(1) 方針

- ① 今後、定期点検や補修・補強を実施する際には、トンネル維持管理に有用な新技術等の活用を必ず検討します。
- ② 新技術等の採否は、費用の縮減や事業の効率化が見込めるかを指標として判断します。

(2) 新技術の動向

新技術の検討に際しては、最新の技術開発動向に注視する必要があります。その際に参考となる資料を下記に示します。

- 点検支援技術性能カタログ（橋梁・トンネル） 令和4年9月 国土交通省道路局
- 「NETIS」検索サイト <https://www.netis.mlit.go.jp/NETIS>

(3) 新技術の種類

トンネル維持管理に有用な新技術は、下記の分野が挙げられます。

- ① 点検支援技術（画像計測技術、非破壊検査技術、計測・モニタリング技術など）
- ② 補修に関する新工法（はく落防止工、漏水対策工、ひび割れ注入工など）
- ③ 補強に関する新工法（補強パネル工、裏込め注入工など）

2.5. 費用の縮減に関する具体的な方針

今後、定期点検や補修・補強を実施する際には、ライフサイクルコストの縮減が見込める手法を検討します。

前述の通り、トンネルの長寿命化修繕計画は「状態監視型予防保全」の考え方で立案します。この考え方では、点検により発見した変状を対策する対処療法を主に行うため、劣化を予測して事前に対策を行うことによる費用縮減は望めません。

したがって費用の縮減手法としては、前述の新技術等の活用のほか、工程調整や附属施設更新間隔の延長等、新技術によらない方法も選択肢として柔軟に検討します。

4. 対策内容と実施時期

4.1. 計画実施期間

本計画で策定する計画の実施期間は、対策着手年度から 30 年間とします。対策着手年度は、初回定期点検を実施した平成 30(2018)年度とします。

30 年間とした理由は、社会における世代交代のサイクルをおよそ 30 年間とみなしたことに由来します。現状で実施すべき事項を計画として定め、管理を次世代に引き継ぐと考えた場合に、世代交代のサイクルが妥当な期間と考えたためです。

4.2. 対策内容

「道路トンネル定期点検要領」にもとづき、トンネルの点検時期・補修時期は、下記(1)～(5)の考え方に沿って計画します。

(1) 日常点検

日常の道路パトロールで、トンネルの異常の有無を確認します。特に健全度Ⅱ以上のトンネルは、修繕工事を実施するまでは日常のパトロールで重点的に監視を行います。

(2) 定期点検

「道路トンネル定期点検要領」に基づき、5 年ごとに定期点検を行い、トンネルの健全性を確認します。

(3) 変状確認～対策所要年数

「道路トンネル定期点検要領」では、判定がⅡa 以上の変状については本対策工事の対象となります。点検における変状確認から対策実施までの所要年数は、健全度により異なり、重い変状ほど短くなります。本計画では、下記の通り定めます。

程度	判定区分	状態	対策所要年数	
	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)	Ⅱb	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
		Ⅱa	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	3 年	
重	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	1 年	

「道路トンネル定期点検要領(国土交通省;平成 31 年 3 月)」に加筆。

【対策所要年数の解説】

- ・トンネル寿命は永年とし、必要な補修を実施しながら使用する。
- ・対策区分Ⅰのトンネルは計画期間内での対策が必要ないため、年数を設定しない。
- ・対策区分Ⅱbのトンネルは、計画期間の 30 年間で監視を継続すると考え、対策所要年数を 30 年とする。
- ・対策区分Ⅱaのトンネルは、5 年に 1 回の点検サイクル以内に措置(維持工事が重点監視)を行うため、対策所要年数は 5 年とする。
- ・対策区分Ⅲのトンネルは、点検後 2~3 年以内に措置(維持工事)を行うため、対策所要年数は 3 年とする。
- ・対策区分Ⅳのトンネルは、点検した年度~次年度に措置(応急工事で維持工事)を行うため、対策所要年数は 1 年とする。

4.3. 対策の優先順位の考え方

複数のトンネルを管理する場合の対策優先順位は、トンネルの重要度に基づき順位を決定します。本計画における対策の優先順位は、次の通り考えます。

【対策優先順位の考え方】

検討の指標で重視する順番は、①路線重要度、②現状の健全度、③特記事項、④経年、とします。

ただし、本市が管理するトンネルは「綱取隧道」1箇所であり、対策優先順位を付けることはできません。

よって、「綱取隧道」に関する各指標について整理します。

優先順位検討表

	要素	評価	綱取隧道
1	路線重要度	重要度は普通	蚕桑杉沢綱取線 ①緊急指定無し ②交通量不明 ③迂回路あり
2	健全度	危険は無い状態	Ⅲ：早期措置段階の漏水は対策済み。 他は軽微な変状のみ
3	特記事項	周辺県道の短絡路	県道 366 号と 373 号の短絡道路
4	経年	比較的古い	71 年 :1951 年完成
		優先順位	1 番目

(1) 路線の重要度

路線の重要度は、①緊急輸送路指定の有無、②交通量の多少、③迂回路の有無で判断します。

綱取隧道は、緊急輸送路ではなく迂回路があるため、重要度は普通と言えます。

(2) トンネル健全度

平成 30 年度の点検ではⅢ：早期措置段階の漏水を認めましたが、その後対策工事を実施しており、次回点検健全度が変更になる見込みです。その他は軽微なひび割れ等で、危険は無い状態です。

(3) 特記事項

周辺の県道（366 号、373 号）の短絡路としての役割が重要と考えられます。

(4) 設置年

1951 年完成で経年 71 年と、経年 50 年を超えており、トンネルとしては比較的古いといえます。

4.4. 対策に係る全体概算事業費

本市のトンネル維持費用の推定額は下表の通りです。

トンネルを30年間維持するための推定費用（2017年～2046年）

	綱取隧道	計
点検工事費	2,000万円	2,000万円
維持費	180万円	180万円
計	2,180万円	2,480万円

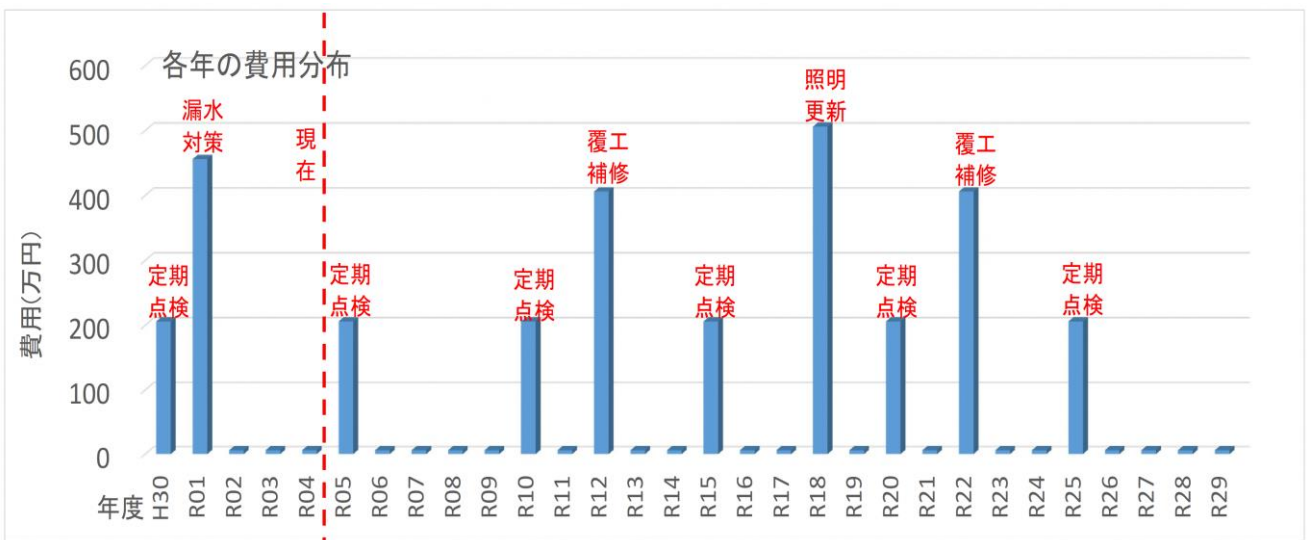
以下に、トンネルごとの「長寿命化修繕計画年表」および「各年の費用分布を示したグラフ」を掲載します。10～20年ごとの工事時期に費用が増加する傾向が見られます。

【綱取隧道 長寿命化修繕計画年表】

トンネル長寿命化修繕計画年表 酒田市

トンネルを30年間維持するための費用	建設後経年数	現在																									
		和暦		R01		R02		R03		R04		R05		R06		R07		R08		R09		R10		R11		R12	
		西暦	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030												
綱取隧道 延長140.5m 1951年完成	点検工事費(万円): 諸経費と10%税込み。	定期点検判定Ⅲ	漏水対策工事							定期点検										定期点検						補修工事	
	2,850	200	450							200										200						400	
維持費(万円): 照明灯5台電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	
180	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		

80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29
2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047
		定期点検			照明更新工事		定期点検		補修工事			定期点検				
		200			400		200		400			200				
電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費	電力費
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6



【解説】

(1) 費用の設定条件

トンネルの運用に必要なコストは、①点検工事費と②維持費に分けて考えます。

①点検工事費と②維持費を修繕計画表に整理します。

(2) 本体点検費

5年毎に定期点検を繰り返し、その間の年に補修設計・施工を実施すると考えます。

点検費は、点検業務に要した金額の実績を目安に設定し、以降の費用は同じ程度と想定しました。

(3) 本体補修設計費・工事費

将来の設計費・工事費は、現時点で変状と対策工種を特定できないため、軽微な補修工の推定額としました。定期点検2回につき小規模な補修工が1回必要になると想定しました。なお、突発事故による破損の補修は考慮しません。

(4) 設備維持費

照明灯を設置したトンネルでは、電気料金を月0.5万円程度と推定しました。

(5) 設備更新費

トンネル内に設置した設備（照明設備や非常用設備など）の寿命は、おおむね20年～30年程度とされています。したがって、各設備の劣化状態を確認しながら、適切な時期に設備更新工事を行います。

照明設備は2016年に更新しており、20年後の2036年に更新すると想定しました。更新工事費は最小限必要な灯数とし、トンネル延長に基づく統計額の×20%から、500万円程度と推定しました。

(6) 対策工の更新時期

対策を行った変状は判定Iとなりますが、対策効果は永年ではない工法が多いため、点検時に対策効果を維持しているかを確認します。

