

草津町トンネル長寿命化修繕計画

令和5年1月

草 津 町

愛町部

土木課

目次

1.	長寿命化修繕計画の目的	1
2.	長寿命化修繕計画の対象道路トンネル	1
3.	現状	2
4.	課題	2
5.	対象道路トンネルの損傷事例及び付属物	3
6.	健全性の診断	7
7.	修繕内容・時期	10
8.	長寿命化修繕計画による効果	12
9.	取組方針	14
10.	新技術等の活用	15
11.	費用の縮減に関する具体的な方針	16
12.	個別施設の状態	17
13.	対策内容	18

1. 長寿命化修繕計画の目的

草津町では、令和5年1月現在、1か所（延長67.0m）の道路トンネルを管理しています。対象の道路トンネルは、草津町の観光名所である湯畑からバスターミナルへの連絡道路内にあり、重要視される道路であります。しかし、対象の道路トンネルの経過年数は50年とトンネルの耐用年数（50年～100年）に到達しております。また、対象の道路トンネルは以前より道路パトロールなどによりトンネル変状の発見に務め適宜修繕を進めてきたところですが、道路トンネルの利用者の安全性や利便性構造物の機能を常に維持するためには損傷が軽微な段階のうちに予防的に修繕を行い、利用者への危険が及ぶ恐れのある損傷に至らせないことが重要です。したがって、近い将来、対象の道路トンネルでは、老朽化による大規模な補修や新たに更新することが必要になることが想定されます。

今回のトンネル長寿命化修繕計画は、利用者の安心・安全の確保や維持管理コストの削減を検討した上で、道路トンネルの高齢化に対する点検や修繕を効率的、効果的に推進するための計画を提案し、計画的な維持管理を実施し道路トンネルの長寿命化を図ることを目的とします。

2. 長寿命化修繕計画の対象道路トンネル

対象道路トンネルは、車両が一方通行であり歩行者の進入は禁止されています。概要は表1のとおりです。また、対象道路トンネルの位置は図1のとおりです。

表1 対象道路トンネルの概要

トンネル名	延長 (m)	全幅員 (m)	建設年次 (年)	路線名	地名
新田泉水トンネル	67.0	3.3	1973	新田泉水線	仲町

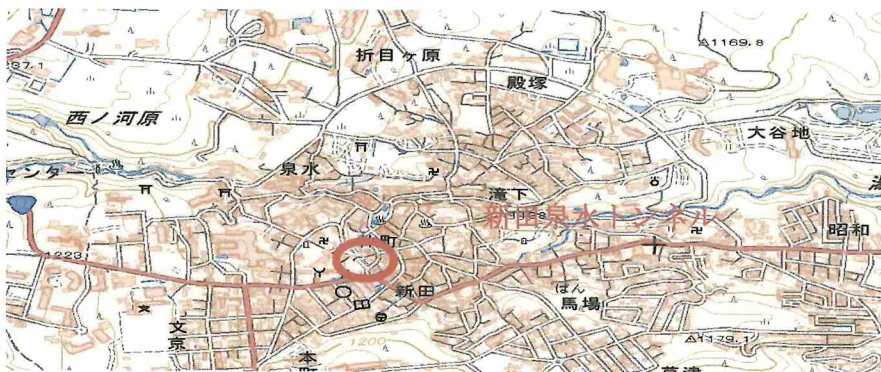


図1 対象道路トンネルの位置

3. 現状

現在、草津町が管理する道路トンネルは1箇所のみであり、それが対象道路トンネルであります。対象道路トンネルは1973年に建設され、建設後50年が経過しており、一般的に考えられているトンネルの耐用年数50～100年に達しているのが現状であります。

4. 課題

草津町ではトンネルや橋梁などの道路施設を道路パトロール等により職員が遠望目視点検を実施していましたが、近年における道路トンネルの老朽化による事故等を受け、指定業者が遠望目視点検だけではなく高所作業車等を用いて近接目視点検や打音・触診検査などを行いトンネルの損傷状況を調査しました。

これらの結果により、漏水、ひび割れ、浮き・剥離等の損傷状況が確認されており、高齢化が進むトンネルに対して定期的な点検と適切な維持管理を行うことで長寿命化を図っていくことが大きな課題となっています。また、道路トンネルにおける大規模補修工事は、財政確保が困難なことや長期にわたる通行規制等により社会的影響が発生することから工事時期の分散やコスト縮減、コスト平準化が求められています。これらの問題を解消するためには、損傷が軽微な段階で予防的に修繕（図2の予防保全型）を行っていく本計画によって、持続可能な維持管理を行うことが最重要です。

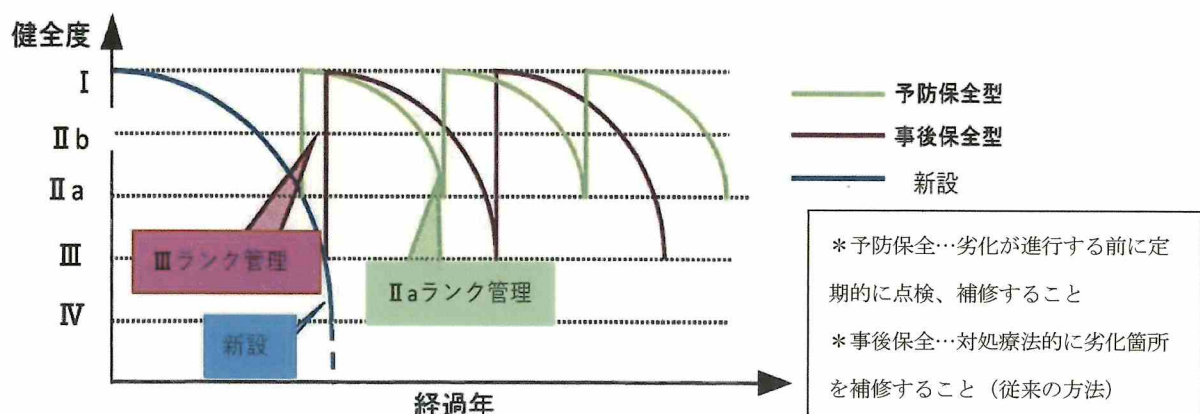


図2 予防安全型と事後保全型のイメージ図

5. 対象道路トンネルの損傷事例及び付属物

1) ひび割れ（クラック）

対象道路トンネルでは、ひび割れが写真 1 及び写真 2 のとおりに確認できます。

ひび割れの原因には外力によるものの他、コンクリートの乾燥収縮や中性化、塩害、凍害、ASR など様々な原因が考えられます。

コンクリートのひび割れはコンクリートの劣化状況を診断する上で重要な症状であります。

コンクリートのひび割れが進行すると耐力低下に繋がることが考えられます。



写真 1 ひび割れ（トンネル中央部右壁）



写真 2 ひび割れ（写真 1 の拡大）

2) 浮き

対象道路トンネルでは、浮きが写真 3 のとおりに確認できます。

浮きが発生する原因には地山の変動など外力によるものの他、コンクリート内部からの中性化、塩害等による鋼材腐食による膨張によりひび割れが発生するなどの原因が挙げられます。

浮きは、内部で発生している欠陥が原因となることが多く、通常の見視点検では発見できないため、テストハンマーによる打音検査により確認する必要があります。

症状として浮きが進行するとコンクリートの一体化が失われ、耐力低下や剥離に繋がることが考えられます。

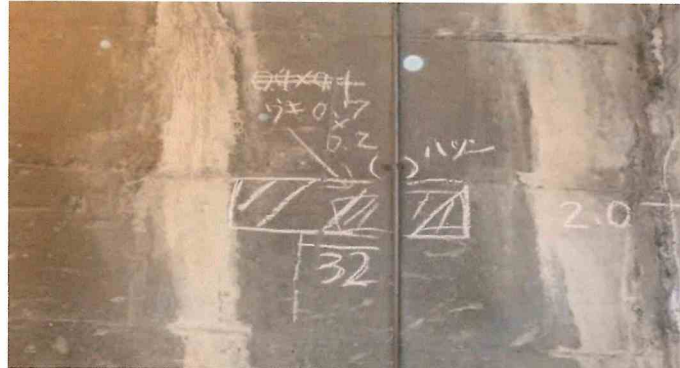


写真3 浮き (トンネル出口付近右壁)

3) 剥離による鉄筋露出

対象道路トンネルでは、剥離による鉄筋露出が写真4のとおりに確認できます。

剥離の原因はひび割れや浮きが進行し、コンクリートの一体性が失われ表面部分が剥がれることです。

剥離が発生すると内部鋼材(鉄筋等)の腐食が進行することや、躯体の断面減少により耐力の低下等の症状が考えられます。



写真4 剥離による鉄筋露出 (トンネル出口頂版)

4) 漏水

対象道路トンネルでは、漏水が写真5-1のとおりに確認できます。

トンネル内での漏水は土中がパイピング状になり進入水や地下水によることが原因となります。

症状としては躯体や設備の腐食、劣化を促進させ、冬期には氷柱や路面凍結などにも繋がって通行に支障を来します。

さらに躯体背面の空洞拡大や路盤沈下等の恐れや、凍結融解によるひび割れの進行も懸念されます。

写真 5-1 漏水（トンネル入り口付近左壁）



したがって、こうした場合は導排水管等により適切に排水し処理を行う必要があるため漏水対策工事写真 5-2 のように実施し健全な状態となっています。

写真 5-1 漏水（トンネル入り口付近左壁）



5) 付属物

対象道路トンネルでは、付属施設が写真 6 のとおりに確認できます。

トンネル内には交通を確保する保安施設などの付属物があります。経年劣化により脱落などの第三者災害の危険性も予見されますので点検により損傷状況を把握することが必要です。点検する際には、金具やボルトなどの金属部分の腐食、変形や緩みがある他、定着している覆工面の状況についても十分確認する必要があります。



写真 6 付属施設（トンネル入り口付近）

6. 健全性の診断

トンネル変状等における健全性の診断は劣化要因を考慮し、部材やバレル（スパン）毎に表 2～表 4 の区分で判定します。また、健全性の診断は図 3 のフローチャートに基づき行う必要があります。

1) 健全性の判定

表 2 本体工における判定区分

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		早晚、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。

*1 判定区分Ⅳにおける「緊急」とは、早期に措置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。

*参考文献

H31 年度道路トンネル定期点検要領の「対策区分の判定」

(H31 年度 道路トンネル定期点検要領:19 ページ)

表 3 附属物の取付状態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ないか、あっても軽微な場合
×	附属物の取付状態に異常がある場合

*参考文献

H31 年度道路トンネル定期点検要領の「対策区分の判定」

(H31 年度 道路トンネル定期点検要領:20 ページ)

表 4 附属物点検要領における附属物の損傷程度の評価

区分	一般的状態
a	損傷が認められない
b	損傷が認められる
c	損傷が大きい

*参考文献

H26 年度附属物（標識、照明施設等）点検要領「損傷程度の評価」

（H26 年度 附属物（標識、照明施設等）点検要領：35 ページ）

2) 健全性の診断

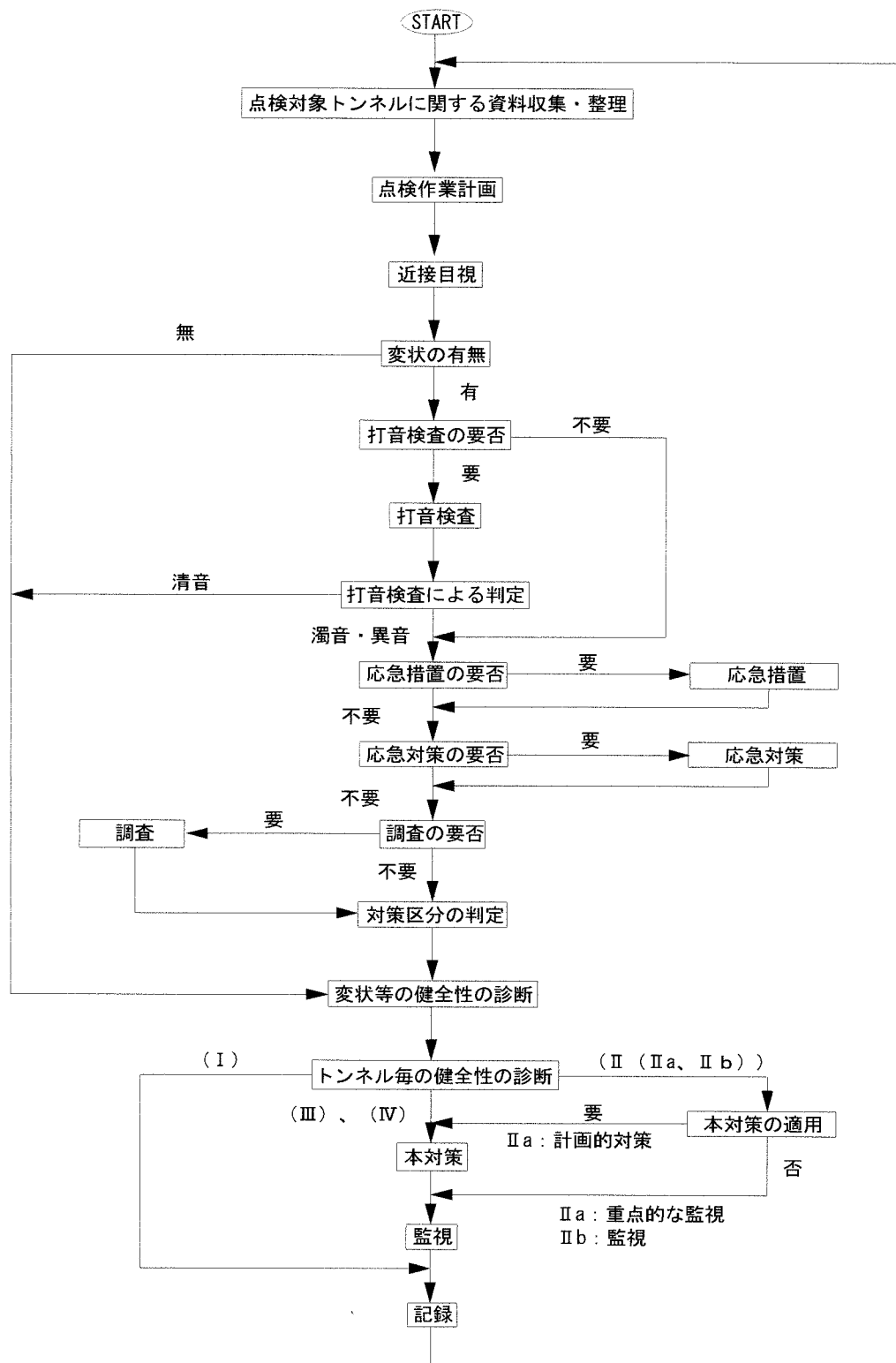


図3 フローチャート

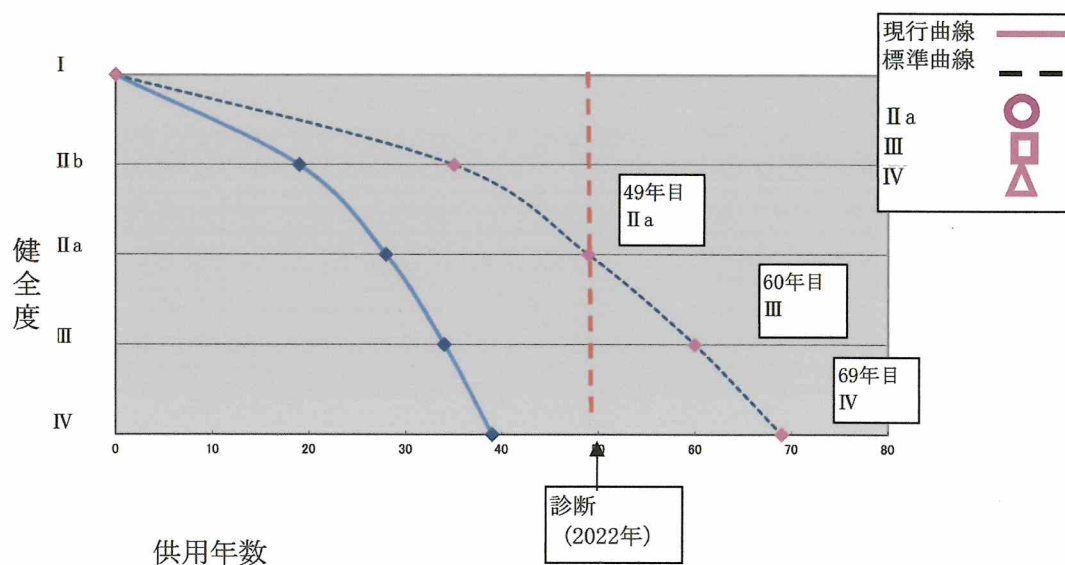
7. 修繕内容・時期

補修工事においては、草津町の財政状況も加味したうえで、事業の優先順位づけを行い工事時期の分散化を図る計画と致しました。草津町が管理している道路トンネルは1トンネルであるためバレル（スパン）毎で評価の悪い（Ⅲ判定）箇所より対策を行うこととしました。対策時期については、単一劣化曲線により推定した年度に応じて計画をすることと致しました。（2022 定期点検結果による）

表 5 評価グループ毎の劣化予測一覧

グループ番号 又は部位	健全度評価	支配的な劣化 等要因・機構	経過 年数	予測方法	機能低下予測（経過年数）			
					Ⅱ b	Ⅱ a	Ⅲ	Ⅳ
S 001・S003・S 004	Ⅱ a	材質劣化	49	単一劣化曲線 モデル	-	49	60	69
S 002・S 005・S 006・S 007	Ⅲ	材質劣化・漏水	49	単一劣化曲線 モデル	-	-	49	57

S 001・S003・S 004 グループによる劣化曲線



S 002・S 005・S 006・S007 グループによる劣化曲線

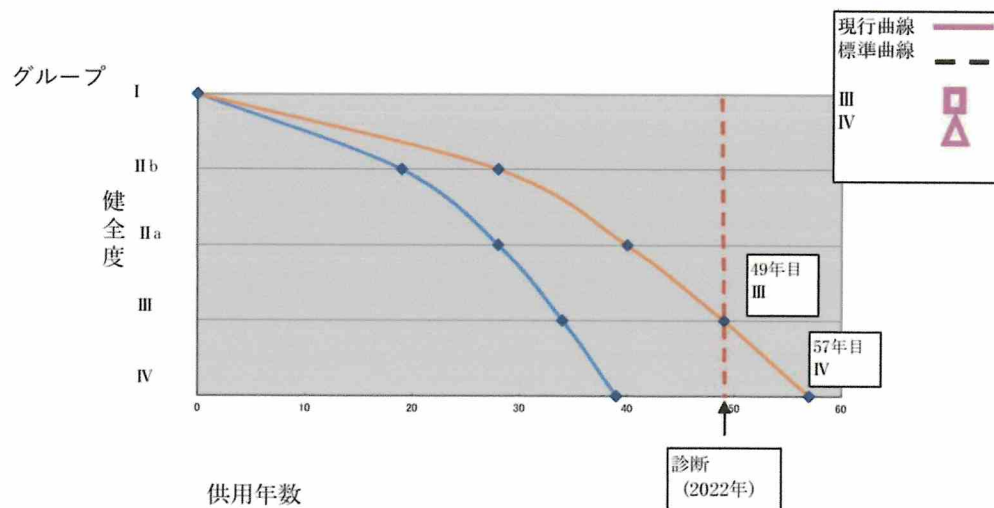


図 4 グループ毎の単一劣化曲線

上記の劣化予測によれば、Ⅲ判定は早急に補修を行い、Ⅱa判定はⅢ判定になるまで11年後となるため、これに合わせた整備計画としました。

表 6 年度毎の維持管理計画一覧

年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度	2027 年度	2028 年度
作業予定		補修設計					
			補修工事				
	定期点検					定期点検	
概算事業費	220 万円	250 万円	580 万円			220 万円	
年度	2029 年度	2030 年度	2031 年度	2032 年度	2033 年度	2034 年度	2035 年度
作業予定				補修設計			
					補修工事		
				定期点検			
概算事業費				470 万円	320 万円		

8. 長寿命化修繕計画による効果

今後 50 年間の維持管理は、予防保全型では 21,541 千円が必要と算出され、従来通りの事後保全型では 159,013 千円が必要であると算出されました。

予防保全型により維持管理を実施することができれば、今後 50 年間の維持管理では 137,472 千円（86%減）の費用縮減効果が期待できる結果であります。

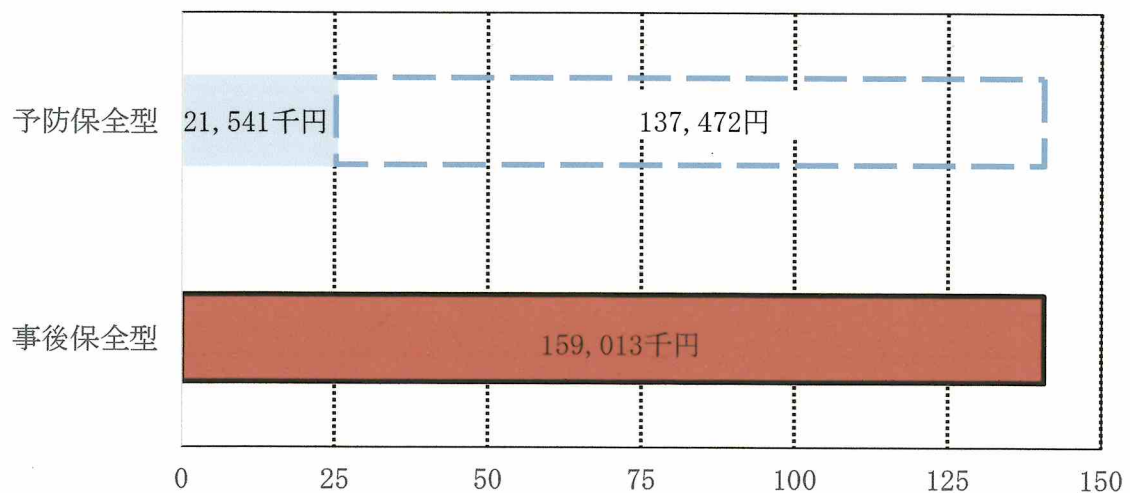


図 5 予防保全型と事後保全型の事業費比較図

表 7 予防保全型補修サイクル及び維持管理費一覧

	補修工法				データ	点検、 補修設 計費及 び協働 作業用 費用	計
	ひび割れ 補修	断面修復	目地補 修	漏水補 修	ベース 化 費用		
補修サイクル	30 年	30 年	15 年	15 年			
50 年間補修回 数	1 回	1 回	3 回	3 回			
維持管理費 (千円)	4, 036	1, 136	2, 433	8, 236	1, 000	4, 700	21, 541

表 8 事後保全型更新費用一覧

	更新費用	諸経費 更新×0.6	設計費 更新×0.15	補修費 健全度Ⅲ の補修費	合計
更新費用	87, 551	52, 530	13, 132	5, 800	159, 013

表 9 ライフサイクルコスト比較表

予防保全型 (千円)	事後保全型 (千円)	コスト縮減効果 (千円)
21, 541	159, 013	137, 472

9. 長寿命化修繕計画の取組方針

取組方針では、道路トンネル長寿命化と維持管理の効率向上を目的として、次の項目を実現・実施できるようにします。

1) 将来を見据えた維持補修計画の策定

対象道路トンネルでは、策定した道路トンネル長寿命化計画により、計画的な維持管理を実現します。

維持補修は道路トンネル維持管理の将来を見据え、応急的・部分的な対策ではなく、当初の機能回復または現在の要求機能の確保を目的とした維持補修を実施します。

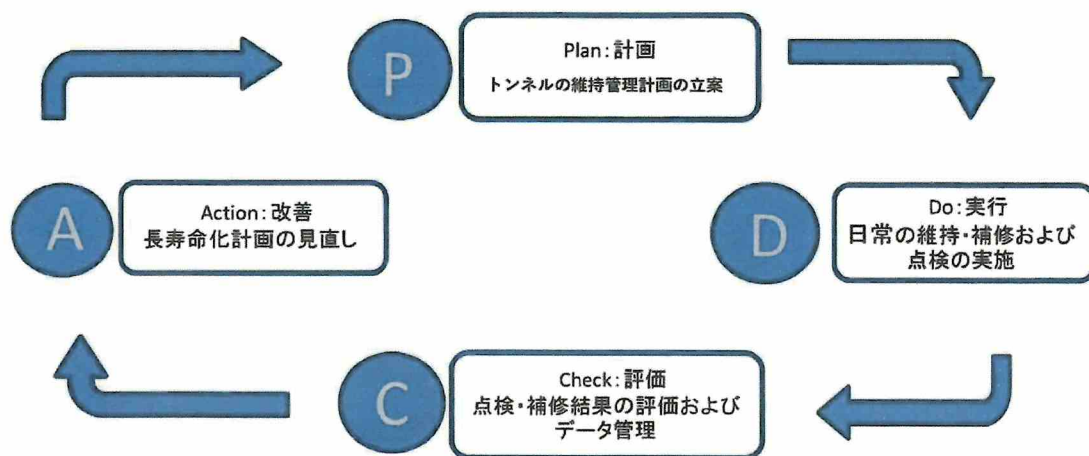
2) 事後保全型から予防保全型の維持管理方法への転換

対象道路トンネルでは、従来の悪化したら補修する（事後保全型）から、悪化する前に補修を行う（予防保全型）への転換を図るように実現し、大規模更新工事費の一時的な集中の回避、道路トンネルの総合的な維持管理コストの縮減と道路トンネルの長寿命化を実施します。

3) 将来に亘る維持管理の仕組みづくり

対象道路トンネルは、今後の点検結果、対策の実施結果をデータとして蓄積し（データベース化）長寿命化修繕計画の見直し・策定の際にフィードバックできる体制作りを実現できるよう構築し実施します。なお、詳細については、「第7章 修繕内容・時期」に記載しました。

図6 PDCAサイクル



10. 新技術による活用

1) 新技術等活用検討の背景・目的

限られた予算の中、インフラ施設の維持管理効率化、コスト縮減が喫緊の課題であったことから、新技術の活用検討に着手することとします。

2) 新技術の適用対象について

従来点検において、トンネル点検車等を用いて近接目視により点検を行っていたわけだが、時間制約に縛られた条件での作業を行う場合、調査人数を増やし行ってきたことから少人数での作業、効率化により適用できれば対象として考えたいと思います。

3) 活用技術の選定について

新技術として、画像計測技術の「ひびみつけ」を検討する予定です。
この方法は、一眼レフデジタルカメラを用いてオーバーラップ 30%により撮影し、パノラマ画像を作成します。

この情報をプログラムに入力し AI でひび割れを自動検出する点検方法となります。
従来では手作業でスケッチングや損傷図を作成していましたが、新技術を用いることで点検業務での効率化、損傷画像データを得ることによる判断の高度化につながるようになります。

4) 「短期的な数値目標」と「そのコスト縮減効果」

短期的な数値目標及びコスト縮減交換については、従来点検の費用と、新技術の費用を比較し算出を行います。

検討結果は以下の通りとなります

従来点検費

【点検作業】

作業員 8名×32,800=262,400 円

トンネル点検車 1日×36,000=36,000 円

諸雑費 298,400×10%=29,840 円

点検作業計 328,240 円

【内業作業】

損傷図作成 1名×3日×32,800=98,400 円

新技術点検費

【点検作業】

作業員 2名×32,800=65,600 円

洗浄 670m²×222=148,740 円

諸雑費 1,658,190×10%=165,819 円

点検作業計 380,159 円

【内業作業】

損傷図作成 500枚×1,000=500,000 円

合計作業金額 426,640 円

合計作業金額 880,159 円

以上の結果から従来工法のほうが安価となり今回は従来工法で実施します。

11. 費用の縮減に関する具体的な方針

本トンネルの劣化状況はひび割れ・コンクリート剥離による鉄筋露出・漏水等が主体となっています。

これらの要因としまして、草津町は標高も高く凍結融解により劣化が進んでいることが要因と考えられます。

従来であればひび割れ充填やコンクリートによる補修を行い延命を図ってきたわけですが、これらの対策工法の耐用年数は 10 年～20 年位が一般的と言われています。従って、補修を繰り返すことで費用もかかってしまうことから、費用を縮減するために新技術を活用し、耐用年数の長い工法を選定することで費用の縮減を図ることとします。

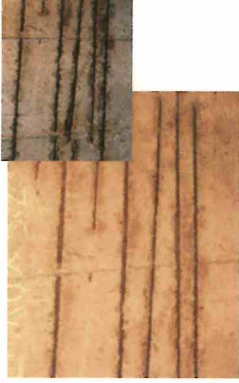
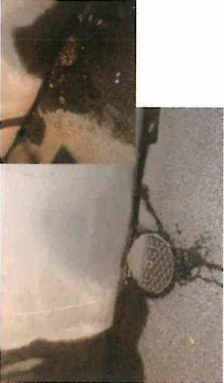
12. 個別施設の状態

表-4.1 定期点検結果と健全度判定

覆工 スパ ン番 号	スパ ン 長 (m)	変状部位							覆工スパ ン毎の健 全性	トンネ ル健全 性	定期点検年 度
		覆工			路面			付属物			
		変状区分									
		外力	材料劣化	漏水	外力	材料劣化	漏水	異常判定			
S001	10.00	Ⅱb	Ⅱa	Ⅱb	I	I	I	×	Ⅱa	Ⅱ	平成 29 年度
		Ⅱb	Ⅱa	I	I	I	I	○	Ⅱa		令和 4 年度
											令 和 9 年 度
S002	10.00	Ⅱb	Ⅲ	Ⅱa	I	I	Ⅲ	×	Ⅲ	Ⅲ	平成 29 年度
		Ⅱb	Ⅱb	I	I	I	Ⅲ	×	Ⅲ		令和 4 年度
											令 和 9 年 度
S003	6.60	Ⅱb	Ⅱa	Ⅲ	I	I	I	○	Ⅲ	Ⅱ	平成 29 年度
		Ⅱb	Ⅱa	I	I	I	I	○	Ⅱa		令和 4 年度
											令 和 9 年 度
S004	10.10	Ⅱb	Ⅱa	I	I	I	I	○	Ⅱa	Ⅱ	平成 29 年度
		Ⅱb	Ⅱa	I	I	I	I	○	Ⅱa		令和 4 年度
											令 和 9 年 度
S005	10.10	Ⅱb	Ⅱa	Ⅱa	I	I	Ⅲ	○	Ⅲ	Ⅲ	平成 29 年度
		Ⅱb	Ⅱa	Ⅱa	I	I	Ⅲ	○	Ⅲ		令和 4 年度
											令 和 9 年 度
S006	10.10	Ⅱa	Ⅱa	Ⅱa	I	I	Ⅲ	×	Ⅲ	Ⅲ	平成 29 年度
		Ⅱa	Ⅱa	I	I	I	Ⅲ	○	Ⅲ		令和 4 年度
											令 和 9 年 度
S007	10.10	Ⅱb	Ⅲ	I	I	I	I	×	Ⅲ	Ⅲ	平成 29 年度
		Ⅱb	Ⅲ	I	I	Ⅱa	I	×	Ⅲ		令和 4 年度
											令 和 9 年 度
トンネル全体としての健全性										Ⅲ	令和 4 年度

健全性の区分	部材の状態
I	道路トンネルの機能に支障が生じていない状態
Ⅱ	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	道路トンネルの機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずるべき状態。
Ⅳ	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。

13. 対策内容

部位	現況写真	現況状況及びカルテ損傷程度	変状の原因	対策区分	対策工
ひび割れ		躯体に発生している横断ひび割れ ・最大ひび割れ幅1.5mm ・進行性は確認されない 健全性：A	ひび割れは、錆汁等が見られな いためコンクリートの収縮ク ラックが原因と考えらる。	I	ひび割れ幅0.5mm以上 ・Uカット方法 - ひび割れ幅0.5mm未満 ・樹脂注入工法 ひび割れの発生原因が進行性か非進行性で あるかを経過観測し進行性が確認されれば 地圧の影響を受けている可能性が高いため 対策を行う必要がある。
鉄筋露出		頂板に発生している鉄筋露出 ・1.0m×3.0mの鉄筋露出 ・進行性は確認されない 健全性：B	鉄筋かぶり不足により、経年劣 化により露出している鉄筋。	III	防錆処理を行い左官工法による断面修復工 を行う。 このままでは鉄筋の腐食が進行するため 早急に対策が必要である。
漏水		漏水 ・側壁ジャンカ及び目地からの滯水 健全性：B	雨水または地下水が経年劣化に よりコンクリートの脆弱部や目 地部から侵入している。	III	漏水箇所に有孔管を挿入し躯体下部まで導 水し処理を行う。 このまま進行するとコンクリートの剥落等 に繋がる恐れが高まる。
浮き		浮き 側壁部に発生しているコールドジョイントに沿って発 生している浮き 健全性B	先に打ち込んだコンクリートの 硬化が進んだことで、後から打 ち重ねたコンクリートとの間に 生じる完全に一体とならない継 目により経年劣化からコンク リート表面が浮いてきている。	II	浮いているか所を手はつりにより除去しプ ライマーを塗布して左官工法による断面修 復を行う。 このまま進行が進むと亀甲状のひび割れが 発生し剥落する可能性が高まる。
目地の劣化		目地の劣化 経年劣化により目地材が損傷し漏水が確認される。 健全性B	経年劣化により目地部が損傷し ている。	II	取設の目地をケレン清掃しプライマーによ り新しい目地を設置する。 このまま進行が進むと目地周辺のコンク リートが欠損する可能性が高まる。