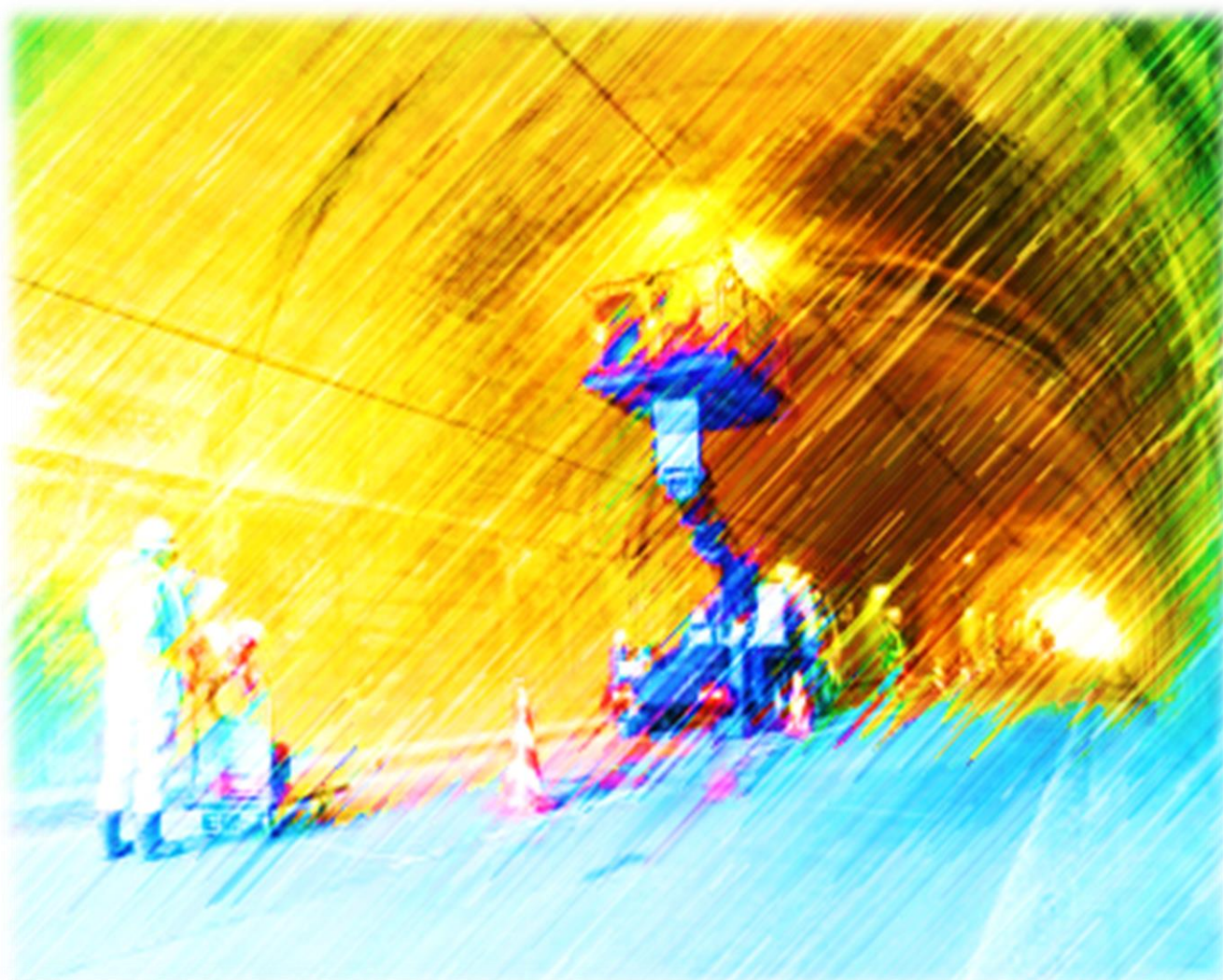


四万十市道路トンネル

維持管理計画



令和2年7月

四万十市

目次

1. はじめに

1.1 道路トンネルの現状と課題…………… 1

1.2 計画策定の目的…………… 1

2. 対象施設

2.1 対象トンネル……………2～4

3. 計画期間

3.1 本計画の期間…………… 5

4. 道路トンネル維持管理計画の策定

4.1 基本方針……………5

4.2 点検……………5～8

4.3 対策区分の判定と健全性の診断…………… 9

4.4 維持管理のシナリオ……………10

4.5 対策の優先順位の考え方…………… 10

5. 道路トンネルの現状と対策

5.1 個別施設の現状と対策方針……………11～16

5.2 対策優先度……………17

5.3 対策内容……………17～19

5.4 対策工法の耐用年数……………19～20

5.5 ライフサイクルコスト(LCC)の算定……………20～22

5.6 予防保全型維持管理計画の効果……………23

5.7 今後の取り組み…………… 24

1. はじめに

1.1 道路トンネルの現状と課題

本市では、1級・2級・その他を含め1524路線、総延長約759kmの市道を有しており、このうちトンネルは3箇所を管理しています。

供用後、50年を経過するトンネルはありませんが、10年後にはすべてのトンネルが50年を経過し高齢化を迎えることから、将来的に維持管理に係る費用が増大すること、また、補修や修繕等の対策が一時期に集中し莫大な予算を要することが懸念されています。

1.2 計画策定の目的

本計画では中村地域の佐田トンネル、西土佐地域の口屋内トンネル、下桁トンネルの良好な維持管理に向け、従来の「事後保全型」の考えから「予防保全型」の維持管理への転換を図るとともにトンネルの長寿命化並びに修繕に係る費用の縮減を図りつつ、効率的かつ効果的な維持管理により、道路施設の安全性・信頼性を確保することを目的とします。

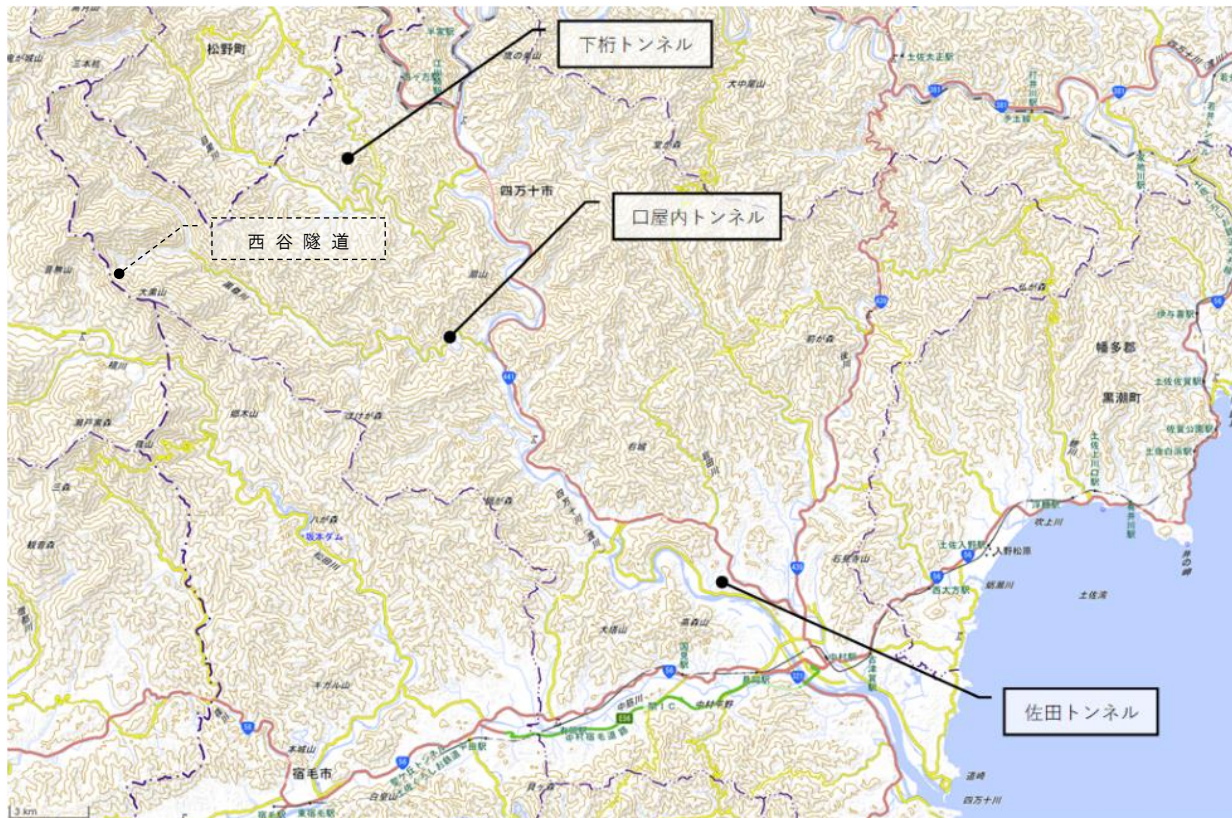


図1 本市のトンネル位置

2. 対象施設

2.1 対象トンネル

本市が管理する3箇所のトンネルを対象とし、修繕並びに法定点検の実施時期を計画します。

なお、3箇所のほかに市道西谷線の「西谷隧道」が存在しますが、①国有林の林道として国と併用林道協定を締結し、国の管理区間として維持・管理していること、②経年劣化より通行止めの規制を行っていること、③周辺地域における土地利用の変化等により、今後、廃止を検討しているトンネルであることから本計画の対象外とします。

(1) 佐田トンネル

岩田から佐田地区に位置し、旧中村市により1979年(昭和54年)3月に設置した延長116mの山岳トンネルです。地質は四万十帯の砂岩泥岩互層を主体としています。

表 2-1 佐田トンネルの諸元

所在地	路線名	延長	全幅 車道幅 歩道幅	中央高 建築限界高	分類	建設年月
岩田	利岡佐田線	116m	7.5m 6.0m 0.75m	6.2m 4.5m	矢板	1979年3月



起点側坑口



終点側坑口

(2) 口屋内トンネル

西土佐口屋内地区に位置し、森林開発公団により 1975 年（昭和 50 年）3 月に設置された後、本市に移管された延長 108m の山岳トンネルです。地質は四万十帯の泥岩を主体としています。

表 2-2 口屋内トンネルの諸元

所在地	路線名	延長	全幅 車道幅 歩道幅	中央高 建築限界高	分類	建設年月
西土佐 口屋内	口屋内宇和島線	108m	5.0m 4.3m - m	5.3m 4.5m	矢板	1975 年 3 月



起点側坑口



終点側坑口

(3) 下桁トンネル

西土佐須崎地区に位置し、高知県により 1977 年（昭和 52 年）1 月に設置された後、本市に移管された延長 155m の山岳トンネルです。地質は四万十帯の砂岩泥岩互層を主体としています。

表 2-3 下桁トンネルの諸元

所在地	路線名	延長	全幅 車道幅 歩道幅	中央高 建築限界高	分類	建設年月
西土佐 須崎	大宮下家地線	155m	4.5m 3.5m - m	5.25m 4.5m	矢板	1977 年 1 月



起点側坑口



終点側坑口

(4) 西谷隧道（計画対象外：参考）

西土佐奥屋内地区に位置し、愛媛県宇和島市に通じる延長 253.7m の山岳トンネルです。トンネルのアーチ側壁部が覆工コンクリートで被覆されていない素掘トンネルであるため、本体工の構造物や附属物は存在しません。現在は露岩の風化が進み、通行に際し安全確保が困難であるため全面通行止めとしています。

表 2-4 西谷隧道の諸元

所在地	路線名	延長	全 幅 車道幅 歩道幅	中央高	分類	建設年
西土佐 奥屋内	西谷線	253.7m	4.0m 3.5m - m	3.5m	素掘	1950年



起点側坑口



トンネル内状況

3. 計画期間

3.1 本計画の期間

計画期間は、2020年度（令和2年度）から10年間とします。なお、この期間内において定期点検を実施し、その結果をもとに本計画の見直しを行っていきます。

計画期間：2020年度から2029年度まで

4. 道路トンネル維持管理計画の策定

4.1 基本方針

- (1) 点検によりトンネルの状態を適切に把握するとともに、計画的な補修・補強対策を実施することで、利用者に対し安全・安心な道路交通を確保します。
- (2) 維持管理の考え方を「事後保全型」から「予防保全型」に転換し、維持管理費用の平準化を図るとともに、ライフサイクルコストの縮減を図ります。
- (3) 維持管理を効率的に進めるため、必要となるメンテナンスサイクル（点検、診断、措置、記録）を持続させる仕組みを構築します。

4.2 点検

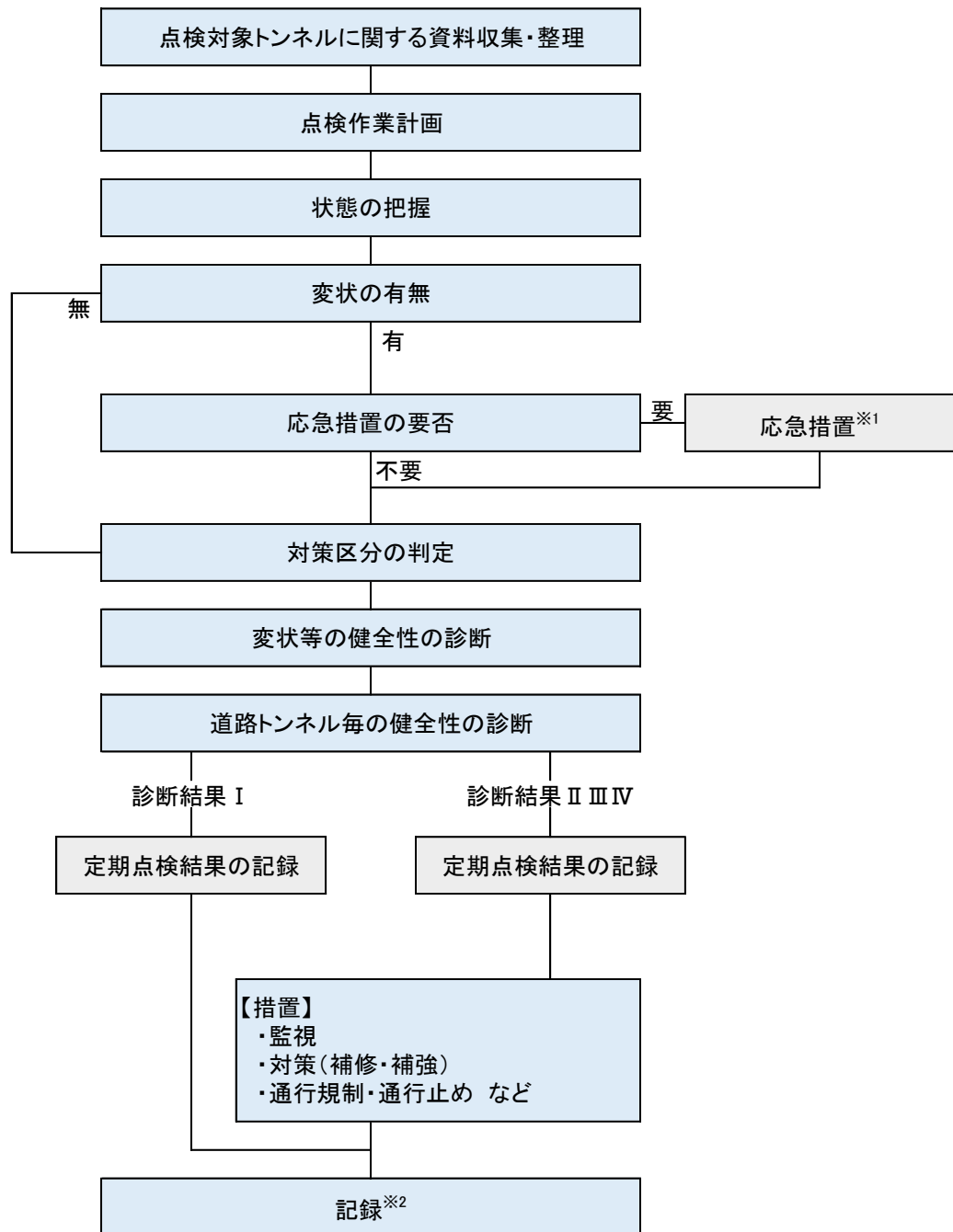
(1) 点検種別

トンネルの点検は、本体工や附属施設の異常を発見し、その状態を把握することを目的とします。必要な機器を用いてトンネル本体工や附属物等の異常を確認することで、必要に応じた措置が可能となります。

本市ではトンネル本体工及び道路付属物等について、次の点検を実施します。

表 4-1 点検種別

点検種別		内 容
トンネル 本体工	日常点検	パトロール等により車上目視で実施。
	異常時点検	日常点検で変状・異常が認められた箇所に対し、遠望目視により実施。
	定期点検	5年に1回、近接目視・打音検査等によって実施。
	臨時点検	異常気象時、地震等が発生した際に、異常時パトロールにより実施。
附属物等	日常点検	パトロール等により車上目視で実施。
	定期点検等	5年に1回の点検のほか、附属施設の保守的な点検を実施。



※1 通行規制・通行止め等が必要となる場合は、道路管理者の判断の下で行う。

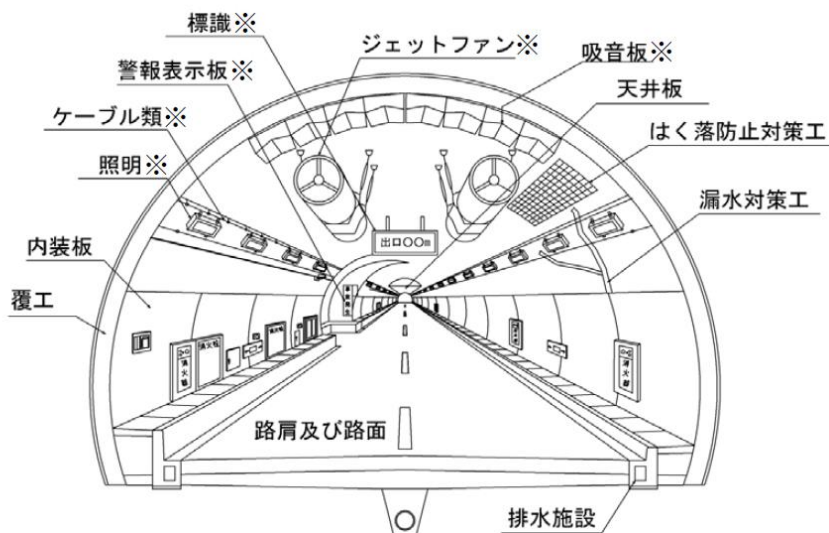
※2 措置の実施内容及び措置後の「対策区分の判定」や「健全性の診断」の再評価の結果については、定期点検結果の記録とは別に記録する。

図2 定期点検を対象としたメンテナンスサイクルの基本的なフロー

出典：国土交通省道路局「道路トンネル定期点検要領（平成31年3月）」

(2) 定期点検箇所と変状の種類

定期点検において、トンネル本体工及び道路附属物等の点検対象となる箇所、また、主要な点検箇所の変状の種類は次のとおりです。



※トンネル内附属物

図3 標準的な点検対象箇所（トンネル内）

出典：国土交通省道路局「道路トンネル定期点検要領（平成31年3月）」

表 4-2 点検対象箇所

区分	点検対象箇所
トンネル本体工	<ul style="list-style-type: none"> ・覆工（吹付けコンクリート仕上げの場合を含む） ・坑門 ・内装板 ・天井板（吊り金具、固定金具、固定部付近及び台座部の覆工コンクリートを含む） ・路面、路肩及び排水施設 等
道路附属施設等	<p>下記トンネル内の附属物の本体、取付け金具類（吊り金具、ターンバックル、固定金具、アンカーボルト・ナット、継手）、固定部付近の覆工コンクリートを含む</p> <ul style="list-style-type: none"> ・照明 ・標識 ・ジェットファン ・警報表示板 ・吸音板 ・ケーブル類 等

出典：国土交通省道路局「道路トンネル定期点検要領（平成26年6月）」

表 4-3 定期点検で着目すべき変状・異常現象の例

定期点検対象	着目すべき変状・異常現象の例
覆工※1	圧ざ、ひび割れ、段差 うき・剥離、はく落 打継ぎ目の目地切れ、段差 変形、移動、沈下 鉄筋の露出 漏水、土砂流出、遊離石灰、つらら、側氷 豆板やコールジョイント部のうき・剥離、はく落 補修材のうき・剥離、はく落、腐食 補強材のうき・剥離、変形、たわみ、腐食 鋼材腐食
覆工※1 (吹付けコンクリート)	圧ざ、ひび割れ、段差 うき・剥離、はく落 変形、移動、沈下 漏水、土砂流出、遊離石灰、つらら、側氷 豆板部のうき・剥離、はく落 補修材のうき・剥離、はく落、腐食 補強材のうき・剥離、変形、たわみ、腐食
坑門※1	ひび割れ、段差 うき・剥離、はく落 変形、移動、沈下 鉄筋の露出 豆板やコールジョイント部のうき・剥離、はく落 補修材のうき・剥離、はく落、腐食 補強材のうき・剥離、変形、たわみ、腐食 鋼材の腐食
内装板※2	変形、破損 取付部材の腐食、脱落
天井板※2	変形、破損 漏水、つらら 取付部材の腐食、脱落
路面、路肩 及び排水施設	ひび割れ、段差、盤ぶくれ、沈下 変形 滞水、氷盤
附属物※2	腐食、破損、変形、垂れ下がりがり等

※1 はく落防止対策工、漏水対策工等の補修・補強材を含む。

※2 取付状態の確認を含む。

出典：国土交通省道路局「道路トンネル定期点検要領（平成31年3月）」

4.3 対策区分の判定と健全性の診断

定期点検の結果に基づき、トンネルの損傷を早期に発見するとともに、各変状の対策区分を判定し、トンネル本体工の健全性を診断します。

なお、変状の対策区分は「外力」、「材質劣化」、「漏水」の3つで判定し、状態に応じた措置（対策）を講じていきます。

また、道路附属施設の取付状態については、「×：異常があるもの（対策を要するもの）」、「○：異常がないもの（対策を要さないもの）」の2つに区分します。

表 4-4 トンネル定期点検要領による対策区分の判定

区 分		定 義
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	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	早期措置段階	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	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。

表 4-5 道路トンネル定期点検要領による附属施設に対する異常判定区分

区 分	定 義
×	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

表 4-6 トンネル本体工及び附属物の健全性の診断

区 分		定 義	
トンネル 本体工	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、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。
附属 施設	×	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	

出典：国土交通省道路局「道路トンネル定期点検要領（平成 31 年 3 月）」

4.4 維持管理のシナリオ

計画的な予防保全型維持管理への転換を図るうえで、次の目標シナリオ（補修による健全性回復のタイミング）を設定し、各トンネルのライフサイクルコスト（LCC）を算定します。

なお、本市では定期点検等の結果から、健全性の診断がⅢ以下となった段階で監視や調査、修繕の検討を行い、必要な措置を講じることで健全な状態を確保していきます。

表4-7 維持管理目標シナリオの区分

区 分	対応の目安
予防保全型	健全性Ⅲ以下の段階で対応。
事後保全型	健全性Ⅳの段階で対応。

4.5 対策の優先順位の考え方

対策工を実施する優先順位は、トンネルの役割、機能、利用状況、重要性を考慮する必要があります。そのうえで、本市における優先順位は、「健全性」、「交通量」、「バス路線」、「通学経路」、「観光路線」などを踏まえ総合的に判断し決定します。

5. 道路トンネルの現状と対策

5.1 個別施設の状態と対策方針

(1) 佐田トンネル

1) 対策区分の判定と健全性の診断

両坑口の坑門工を含む全15スパンからなるトンネルで、各スパンの外力、材質劣化、漏水の対策区分について判定し健全性を診断しました。

対策区分の判定における各項目での最低評価は、外力がⅡa、材質劣化がⅡa、漏水がⅡaとなっており、その結果、トンネルとしての健全性の診断は「Ⅱ（予防保全段階）」となります。また、附属物の異常は、旧照明施設取付金具の残存物の落下の懸念が6箇所認められました。

表5-1 佐田トンネルの対策区分の判定と健全性の診断の結果一覧（H29定期点検）

対策区分の判定		外力	材質劣化	漏水	健全性の診断	
I	健全	9	1	7	1	Ⅱ
Ⅱ	Ⅱb 予防保全段階	4	5	4	14 (a11+b3)	
	Ⅱa 予防保全段階	2	9	4		
Ⅲ	早期措置段階	-	-	-	-	
Ⅳ	緊急措置段階	-	-	-	-	
附属施設異常判定区分		×箇所数			6	

2) 維持管理上の問題と対策方針

構造上の問題として、S001～S003の外力性の開口縦断ひび割れが上げられます。現段階では早期に対策を施すものではありませんが、定期点検によりその変状の進展状況を把握する必要があります。また、同様の問題としてS008の監査路縁石（側壁下端部）の傾倒があります。

また、道路利用者への影響の問題としては、①ひび割れや施工目地沿いの浮き剥離、②上下半打ち継ぎ目（せめ部）の浮き剥離、③漏水、④路面のひび割れ欠損があります。これらについても早期に対策が必要となるものではありませんが、計画的な対策が必要です。

表5-2 診断結果からみる問題点（佐田トンネル）

区分	問題点
外力	<ul style="list-style-type: none"> 外力によるアーチ肩部の開口縦断ひび割れ（S001～S003のみ） 監査路（側壁下端部）縁石の傾倒
材質劣化	<ul style="list-style-type: none"> 覆工コンクリートの浮き剥離（ひび割れ、横断目地沿いのコンクリート片） 上下半の打ち継ぎ目（せめ部）の浮き剥離（ほぼ全線に及ぶ） 路面のひび割れ、欠損（ダンプトラックなど重活荷重）
漏水	<ul style="list-style-type: none"> ひび割れ、施工目地からの漏水



外力によることが推定される開口縦断ひび割れ



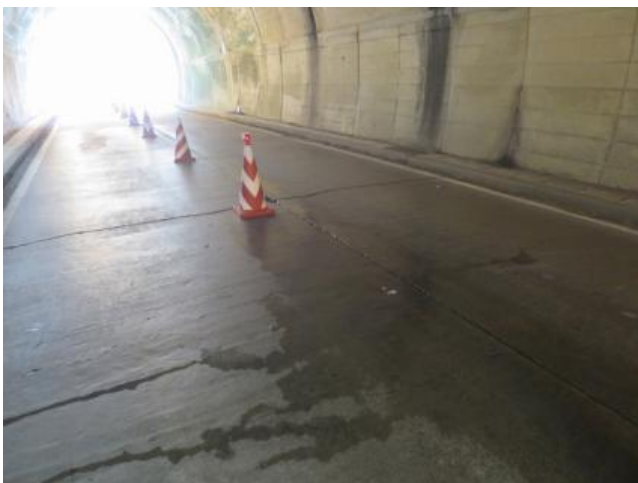
監査路（側壁下端部）の変形



上下半の打ち継ぎ目（せめ部）の浮き剥離



ひび割れからの漏水



路面の滞水状態



車道舗装段差を有するひび割れ

写真 5-1 佐田トンネルの主な変状

(2) 口屋内トンネル

1) 対策区分の判定と健全性の診断

両坑口の坑門工を含む全17スパンからなるトンネルで、佐田トンネルと同様、各スパンの外力、材質劣化、漏水の対策区分について判定し健全性を診断しました。

対策区分の判定における各項目での最低評価は、外力がⅡa、材質劣化がⅢ、漏水がⅡaとなっており、その結果、トンネルとしての健全性の診断は「Ⅲ（早期措置段階）」となります。また、附属物の異常は、トンネル坑内に7条のケーブル類が付属し、電気設備の腐食が1箇所認められました。

表5-3 口屋内トンネルの対策区分の判定と健全性の診断の結果一覧（H29定期点検）

対策区分の判定		外力	材質劣化	漏水	健全性の診断	
I	健全	6	3	5	1	Ⅲ
II	II b 予防保全段階	8	5	7	14 (a9+b5)	
	II a 予防保全段階	3	7	5		
III	早期措置段階	-	2	-	2	
IV	緊急措置段階	-	-	-	-	
附属施設異常判定区分		× 箇所数			1	

2) 維持管理上の問題と対策方針

構造上の大きな問題として、①外力と巻厚不足などの施工不良に伴うひび割れの発生、②施工不良による巻厚不足と覆工背面の空洞があります。①はトンネル耐荷力不足によるトンネル構造物としての機能低下が問題となります。②は突発性崩壊の発生による道路利用者への直接的影響が懸念されます。特にS009-S010間の目地では覆工コンクリートが欠落しており、覆工巻厚が10cm以下で覆工背面に50cm程度の空洞が確認されました。

また、道路利用者への影響としては、覆工コンクリートの品質不良（ジャンカなど）によるコンクリート片のはく落とひび割れ及び施工目地からの漏水があることから、早期かつ計画的な対策が必要です。

表5-4 診断結果からみる問題点（口屋内トンネル）

区分	問題点
外力	・外力による縦断から横断方向のひび割れ (外力+施工不良(巻厚不足)による)
材質劣化	・突発性崩壊(巻厚不足+覆工背面空洞による) ・覆工コンクリートの浮き剥離 (ジャンカ、ひび割れによるブロック化) ・鋼製支保工の腐食(覆工巻厚不足による)とそれによる覆工のはく落
漏水	・ひび割れ、施工目地からの漏水



外力によることが推定される連続する縦断ひび割れ



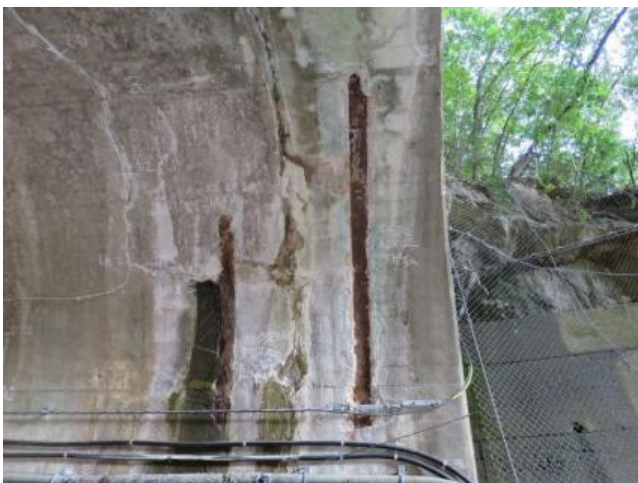
ひび割れからの漏水



覆工背面空洞（約 50cm）と巻厚不足（10cm 以下）



巻厚不足と目地沿いの材質不良（ジャンカ）



坑口部の鋼製支保工の腐食



巻厚不足による鋼製支保工の腐食

写真 5-2 口屋内トンネルの主な変状

(3) 下桁トンネル

1) 対策区分の判定と健全性の診断

両坑口の坑門工を含む全15スパンからなるトンネルで、佐田、口屋内トンネルと同様、各スパンの外力、材質劣化、漏水の対策区分について判定し健全性を診断しました。

対策区分の判定における各項目での最低評価は、外力がⅠ、材質劣化がⅡa、漏水がⅡaとなっており、その結果、トンネルとしての健全性の診断は「Ⅱ（予防保全段階）」となります。また、附属物の異常は、照明施設やその他取付金具の錆による腐食が20箇所で見られました。

表5-5 下桁トンネルの対策区分の判定と健全性の診断の結果一覧（H29定期点検）

対策区分の判定		外力	材質劣化	漏水	健全性の診断	
Ⅰ	健全	15	2	2	1	Ⅱ
Ⅱ	Ⅱb 予防保全段階	-	7	9	14 (a7+b7)	
	Ⅱa 予防保全段階	-	6	4		
Ⅲ	早期措置段階	-	-	-	-	
Ⅳ	緊急措置段階	-	-	-	-	
附属施設異常判定区分		× 箇所数			20	

2) 維持管理上の問題と対策方針

覆工コンクリートに縦断方向及び横断方向の軽微なひび割れが認められますが、施工時の温度収縮によるものが顕在化しているものと推定され、構造上の大きな問題とはなりません。

また、道路利用者への影響としては、①ひび割れや施工目地沿いの浮き剥離、②上下半打ち継ぎ目（せめ部）の浮き剥離、③漏水があります。これらについては早期に対策が必要となるものではありませんが、計画的な対策が必要です。

表5-6 診断結果からみる問題点（下桁トンネル）

区 分	問題点
外 力	覆工に軽微なひび割れが確認されるが温度収縮によるものと推定され、大きな問題とはならない。
材質劣化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 覆工コンクリートの浮き剥離（ひび割れ、横断目地沿いのコンクリート片） ・ 上下半の打ち継ぎ目（せめ部）の浮き剥離 ・ 路面のひび割れ
漏 水	<ul style="list-style-type: none"> ・ ひび割れ、施工目地からの漏水



天端付近の縦断ひび割れ（温度収縮）と漏水



アーチの軽微なひび割れ（温度収縮）



横断目地沿いの浮き剥離



上半打ち継ぎ目（せめ部）からの漏水



横断目地部からの漏水と照明施設の腐食



路面の軽微なひび割れ

写真 5-3 下桁トンネルの主な変状

5.2 対策優先度

「4.5 対策の優先順位の考え方」に基づき、「健全性」、「交通量」、「バス路線」、「通学経路」、「観光路線」の分類別の優先順位を設定し、総合的な順位を決定します。

その結果、佐田トンネルと口屋内トンネルが同じ値となりますが、健全性がⅢで利用者への直接的影響が懸念される口屋内トンネルを最も高い優先順位としました。

表5-7 トンネルの対策優先度

項目/トンネル名称	佐田トンネル		口屋内トンネル		下桁トンネル	
		優先順位		優先順位		優先順位
健全性	Ⅱ	2	Ⅲ	1	Ⅱ	2
交通量	多	1	少	2	少	3
バス路線	—	3	市営バス	1	通学バス	1
通学経路	徒歩 自転車 自動車	1	—	3	通学バス	1
観光路線	佐田 沈下橋	1	黒尊 溪谷	1	—	3
計		8		8		10
優先順位（総合）		<u>2</u>		<u>1</u>		<u>3</u>

定性的な項目は同一順位とする

—：該当しない項目は優先順位3とする

5.3 対策内容

予防保全型の維持管理を行うことで、健全性を維持しながら施設の長寿命化を図ります。

なお、今後も点検・診断を継続的に実施するとともに、必要に応じて本計画の見直しを行います。

(1) 変状対策工

定期点検結果からみる変状対策工は次のとおりです。

なお、各対策については、供用中の既設トンネルを対象とするため、「建築限界の制約」、「通行規制条件」、「対策工の耐久性と維持管理の容易さ」、「経済性」などを考慮する必要があります。なお、今後実施する詳細な補修調査の結果より対策内容が若干異なる場合があります。

表5-8 定期点検結果からみる変状対策工

トンネル名称	対策内容
佐田トンネル	<ul style="list-style-type: none"> ・覆工補強工（炭素繊維シート接着工：S001～S003のみ）※1 ・裏込め注入工（可塑性グラウトなどセメント系材料の注入）※1 ・はく落対策工（FRPメッシュ工） ・漏水対策工（ひび割れ止水工、線導水工） ・監査路変状対策工（当面は定点観測） ・路面補修工

口屋内トンネル	<ul style="list-style-type: none"> ・覆工補強工（炭素繊維シート接着工） ・裏込め注入工（40倍発泡ウレタンの注入） ・はく落対策工（FRPメッシュ工，炭素繊維シート接着工） ・漏水対策工（ひび割れ止水工，線導水工） ・断面修復工^{※2}
下桁トンネル	<ul style="list-style-type: none"> ・はく落対策工（FRPメッシュ工） ・漏水対策工（ひび割れ止水工，線導水工）

※1 変状が進展する場合に電磁波探査などの詳細調査を行ったうえでの対策 ※2 小規模はく落箇所

(2) 対策工の分類と効果

一般的なトンネル変状対策工の分類と期待する効果については次のとおりです。

なお、本市の道路トンネルについて、維持管理上の問題点となる損傷については黄色、定期点検結果より選定した工法を緑で着色します。

表 5-9 トンネル変状対策工の分類と対策効果

期待する対策効果 ^{※1}			対策項目	対策工法				
外力	材質劣化	漏水						
○	○		剥離部の事前除去	はつり落とし工				
			剥落除去後の処理	断面修復工				
			覆工の一体性の回復	ひび割れ注入工				
			支保材による保持	金網・ネット工	金網工、エキスパンドメタル工			
					FRP ^{※2} グリット工、樹脂ネット工			
				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、FRP ^{注2} 板）当て板工			
			繊維シート系 ^{※3} 当て板工					
			補強セントル工	アーチ式鋼製支保工				
			○	△		内面補強工	鋼板内面補強工	
繊維シート系 ^{※3} 内面補強工								
FRP ^{※2} パネル内面補強工（FRPグリッド工）								
内巻補強工	塗布工							
	吹付け工							
	場所打ち工							
	プレキャスト工法							
	鋼材（H鋼、ライナープレート）内巻工							
○	○	漏水対策				線状の漏水対策工	導水樋工	
							溝切り工	
			止水充填工（Vカット充填）					
			止水注入工（ひび割れ注入）					

○		○	漏水対策	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
△水圧凍上圧		○	漏水対策	地山注工	薬液注工
				地下水低下工	水抜きボーリング、水抜き孔 排水溝
○凍上圧		△	凍結対策	断熱工	線状・面状漏水対策の導水材に断熱材を適用 表面断熱材処理工法、2重巻断熱材処理工法
○			覆工背面の空洞充填	裏込め注工	EPモルタル、EPミルク
					可塑性型セメント系充填材
					モルタル、セメントナット
					発泡ウレタン
○	△		地山への支持		ロックボルト工
○	△	△	覆工改築	部分改築工	アーチ部、側壁部、 インバート新設
				全面改築工	NATM 改築

※1 ○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

※2 FRP: Fiber Reinforced Plastic

※3 現在トンネル覆工の補修・補強に使用されている繊維材料には、炭素繊維、アラミド繊維、ガラス繊維がある

出典：独立行政法人土木研究所「道路トンネル変状対策工マニュアル（案）P28」

5.4 対策工法の耐用年数

変状対策工法に使用する資材は近年、様々なメーカーが開発・販売しています。

一方で耐用年数として決まったものがないため、事例・カタログ・文献等から次のとおり設定しました。

なお、今後のデータ蓄積や研究、国等の基準の制定等に応じて見直しを行うものとします。

表 5-10 対策工の種類と耐用年数

変状	種類	対策分類	対策工の種類		耐用年数
外力	圧ざひび割れ	空洞充填	裏込め注工	可塑性エアモルタル	永年
				発砲ウレタン	永年
		地山への支持	ロックボルト		永年
		覆工内面補強	内面補強工	鋼板内面補強工	30年
				繊維シート内面補強工	30年
			内巻補強工	プレキャスト工	100年
				鋼材内巻補強工	50年

材質劣化	浮き剥離	剥離除去後の処理	断面修復工		30年
		支持材による保持	ネット工	エキスパンドメタル工	10年
				FRPメッシュ工	25年
				樹脂ネット工	25年
			当て板工	パネル系当て板工	30年
				繊維シート系当て板工	30年
		補強セントル工	鋼アーチ支保工	50年	
漏水	漏水滞水	漏水	導水樋工	20年	
			溝切り工	20年	
			止水注入工（ひび割れ注入工・充填工）	20年	
			面状漏水対策工（防水パネル工）	20年	
			水抜きボーリング・水抜き工	50年	

5.5 ライフサイクルコスト(LCC)の算定

計画的な維持管理を実現するために、「5.4 対策工法の耐用年数」をもとに、今後必要となる対策等の実施時期を推定し、中長期的な維持管理・更新を含めた事業費を算定します。

なお、対策に必要な点検や設計については、トンネル1箇所あたり点検費を約200万円（見積）、補修設計費を約800万円（見積）として設定します。

(1) 予防保全型【表5-11】

- 修繕費は資材の耐用年数を考慮して設定（資材の耐用年数がきたら、再対策を行うことを前提とする）
- 定期点検費は5年に1回実施（共通）

(2) 事後保全型【表5-12】

- 修繕費は資材の耐用年数を考慮して設定（資材の耐用年数がきたら、再対策を行うことを前提とする）※1
- 大規模修繕費は、完成後75年でライニングを行うものとして費用を設定※2
- 定期点検費は5年に1回実施（共通）

※1 事後保全型の修繕費（大規模修繕費除く）は通行の安全確保のために最低限必要となる漏水対策費のみを設定

※2 財務省令“原価償却資産の耐用年数等に関する省令”に基づきトンネルの寿命を75年と仮定

表5-11 ライフサイクルコスト（LCC）比較【予防保全型】

凡例: 定期点検費 補修設計費 修繕費

単位:円

西暦	和暦	佐田トンネル 1979年～	口屋内トンネル 1975年～	下桁トンネル 1977年～	定期点検費 計	補修設計費 計	修繕費 計
2013年	平成25年	トンネル緊急点検					
2014年	平成26年						
2015年	平成27年						
2016年	平成28年						
2017年	平成29年	定期点検1回目					
2018年	平成30年						
2019年	平成31年・令和元年						
2020年	令和2年	長寿命化計画策定					20,000,000
			20,000,000				
2021年	令和3年		40,000,000				40,000,000
2022年	令和4年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		30,000,000
			30,000,000				
2023年	令和5年						
2024年	令和6年						
2025年	令和7年						
2026年	令和8年						
2027年	令和9年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2028年	令和10年						
2029年	令和11年	8,000,000				8,000,000	
		17,830,000				8,000,000	23,390,000
		5,560,000		8,000,000			
2031年	令和13年			18,834,000			23,774,000
				8,715,000			
				1,225,000			
2032年	令和14年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2033年	令和15年						
2034年	令和16年						
2035年	令和17年						
2036年	令和18年						
2037年	令和19年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2038年	令和20年						
2039年	令和21年		8,000,000			8,000,000	
2040年	令和22年		15,772,400				15,772,400
2041年	令和23年						
2042年	令和24年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2043年	令和25年						
2044年	令和26年						
2045年	令和27年						
2046年	令和28年						
2047年	令和29年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2048年	令和30年						
2049年	令和31年	8,000,000				8,000,000	
2050年	令和32年	17,830,000		8,000,000	8,000,000		17,830,000
2051年	令和33年		8,000,000	18,834,000	8,000,000		18,834,000
2052年	令和34年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		71,757,200
			71,757,200				
2053年	令和35年						
2054年	令和36年	8,000,000				8,000,000	
2055年	令和37年	5,560,000		8,000,000			5,560,000
2056年	令和38年			3,715,000			3,715,000
2057年	令和39年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2058年	令和40年						
2059年	令和41年		8,000,000			8,000,000	
2060年	令和42年		15,772,400	8,000,000			15,772,400
2061年	令和43年			1,225,000			1,225,000
2062年	令和44年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		

2063年	令和45年								
2064年	令和46年								
2065年	令和47年								
2066年	令和48年								
2067年	令和49年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2068年	令和50年								
2069年	令和51年	8,000,000						8,000,000	
2070年	令和52年	17,830,000		8,000,000			8,000,000		17,830,000
2071年	令和53年			18,834,000					18,834,000
2072年	令和54年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2073年	令和55年								
2074年	令和56年								
2075年	令和57年								
2076年	令和58年								
2077年	令和59年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2078年	令和60年								
2079年	令和61年	8,000,000	8,000,000					16,000,000	
2080年	令和62年	5,560,000	15,772,400	8,000,000			8,000,000		21,332,400
2081年	令和63年		8,000,000	3,715,000			8,000,000		3,715,000
2082年	令和64年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				71,757,200
			71,757,200						
2083年	令和65年								
2084年	令和66年								
2085年	令和67年								
2086年	令和68年								
2087年	令和69年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2088年	令和70年								
2089年	令和71年	8,000,000					8,000,000		
2090年	令和72年	17,830,000		8,000,000			8,000,000		17,830,000
2091年	令和73年			18,834,000					20,059,000
				1,225,000					
2092年	令和74年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2093年	令和75年								
2094年	令和76年								
2095年	令和77年								
2096年	令和78年								
2097年	令和79年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2098年	令和80年								
2099年	令和81年		8,000,000				8,000,000		
2100年	令和82年		15,772,400						15,772,400
2101年	令和83年								
2102年	令和84年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2103年	令和85年								
2104年	令和86年	8,000,000					8,000,000		
2105年	令和87年	5,560,000		8,000,000			8,000,000		5,560,000
2106年	令和88年			3,715,000					3,715,000
2107年	令和89年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2108年	令和90年								
2109年	令和91年	8,000,000					8,000,000		
2110年	令和92年	17,830,000		8,000,000			8,000,000		17,830,000
2111年	令和93年		8,000,000	18,834,000			8,000,000		18,834,000
2112年	令和94年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				71,757,200
			71,757,200						
2113年	令和95年								
2114年	令和96年								
2115年	令和97年								
2116年	令和98年								
2117年	令和99年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2118年	令和100年								
計		215,390,000	464,361,200	224,705,000	120,000,000	192,000,000	592,456,200		
合計			904,456,200			904,456,200			

表5-12 ライフサイクルコスト (LCC) 比較【事後保全型】

凡例: 定期点検費 補修設計費 修繕費

単位:円

西暦	和暦	佐田トンネル	口屋内トンネル	下栢トンネル	定期点検費 計	補修設計費 計	修繕費 計
		1979年～	1975年～	1977年～			
2013年	平成25年	トンネル緊急点検					
2014年	平成26年						
2015年	平成27年						
2016年	平成28年						
2017年	平成29年	定期点検1回目					
2018年	平成30年						
2019年	平成31年-令和元年						
2020年	令和2年	長寿命化計画策定					20,000,000
			20,000,000				
2021年	令和3年		40,000,000				40,000,000
2022年	令和4年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		30,000,000
2023年	令和5年						
2024年	令和6年						
2025年	令和7年						
2026年	令和8年						
2027年	令和9年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2028年	令和10年						
2029年	令和11年		8,000,000			8,000,000	
2030年	令和12年	17,830,000		8,000,000		8,000,000	17,830,000
2031年	令和13年			18,834,000			18,834,000
2032年	令和14年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2033年	令和15年						
2034年	令和16年						
2035年	令和17年						
2036年	令和18年						
2037年	令和19年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2038年	令和20年						
2039年	令和21年		8,000,000			8,000,000	
2040年	令和22年		15,772,400				15,772,400
2041年	令和23年						
2042年	令和24年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2043年	令和25年						
2044年	令和26年						
2045年	令和27年						
2046年	令和28年						
2047年	令和29年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2048年	令和30年						
2049年	令和31年						
2050年	令和32年						
2051年	令和33年			8,000,000		8,000,000	
2052年	令和34年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		大規模修繕 387,500,000
2053年	令和35年	8,000,000				8,000,000	大規模修繕
2054年	令和36年	290,000,000					290,000,000
2055年	令和37年						
2056年	令和38年						
2057年	令和39年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2058年	令和40年						
2059年	令和41年		8,000,000			8,000,000	
2060年	令和42年		15,772,400				15,772,400
2061年	令和43年						
2062年	令和44年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000		
2063年	令和45年						
2064年	令和46年						
2065年	令和47年						

2066年	令和48年								
2067年	令和49年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2068年	令和50年								
2069年	令和51年								
2070年	令和52年								
2071年	令和53年					8,000,000		8,000,000	
2072年	令和54年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000	18,834,000			18,834,000
2073年	令和55年	8,000,000						8,000,000	
2074年	令和56年	17,830,000							17,830,000
2075年	令和57年								
2076年	令和58年								
2077年	令和59年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2078年	令和60年								
2079年	令和61年		8,000,000					8,000,000	
2080年	令和62年		15,772,400						15,772,400
2081年	令和63年								
2082年	令和64年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2083年	令和65年								
2084年	令和66年								
2085年	令和67年								
2086年	令和68年								
2087年	令和69年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2088年	令和70年								
2089年	令和71年								
2090年	令和72年								
2091年	令和73年					8,000,000		8,000,000	
2092年	令和74年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000	18,834,000			18,834,000
2093年	令和75年	8,000,000						8,000,000	
2094年	令和76年	17,830,000							17,830,000
2095年	令和77年								
2096年	令和78年		8,000,000					8,000,000	
2097年	令和79年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000	270,000,000			大規模修繕 270,000,000
2098年	令和80年								
2099年	令和81年								
2100年	令和82年								
2101年	令和83年								
2102年	令和84年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2103年	令和85年								
2104年	令和86年								
2105年	令和87年								
2106年	令和88年								
2107年	令和89年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000				
2108年	令和90年								
2109年	令和91年								
2110年	令和92年								
2111年	令和93年					8,000,000		8,000,000	
2112年	令和94年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000	18,834,000			18,834,000
2113年	令和95年	8,000,000						8,000,000	
2114年	令和96年	17,830,000							17,830,000
2115年	令和97年								
2116年	令和98年		8,000,000					8,000,000	
2117年	令和99年	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000	15,772,400			15,772,400
2118年	令和100年								
計		441,320,000	503,089,600	542,836,000	120,000,000	120,000,000			1,247,245,600
合計			1,487,245,600					1,487,245,600	

5.6 予防保全型維持管理計画の効果

- (1) コスト削減：予防保全型の維持管理を行うことで、事後保全型と比較しても約5.9億円のコスト削減が期待できます。
- (2) 機能の持続：老朽化に伴う損傷や大規模修繕等に起因する通行規制等の頻度を少なくすることにより、道路交通機能の阻害を防止します。
- (3) 安全性の確保：トンネルを健全な状態に保つことで、道路利用者の安全性を確保します。

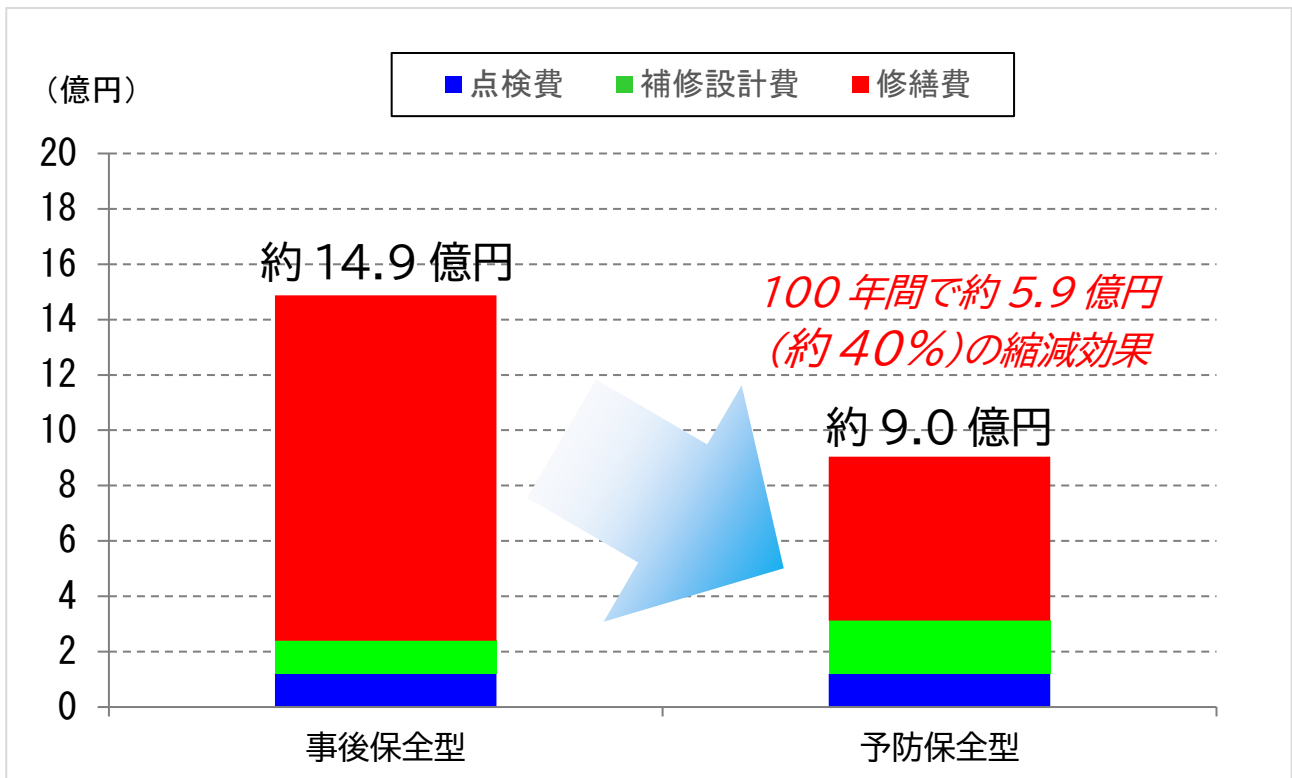


図4 100年間の維持管理費・更新費の試算結果

5.7 今後の取り組み

本計画に基づき「予防保全型」の維持管理を行うことで、道路利用者の安全性・信頼性の確保に努めます。また、本計画の成果と有効性を評価していくため、PDCAサイクルに基づきフォローアップを行い、維持管理の最適化を図ります。

なお、本計画のスケジュールは表5-13としますが、今後の対策や定期点検の結果から必要に応じて計画を見直すものとします。

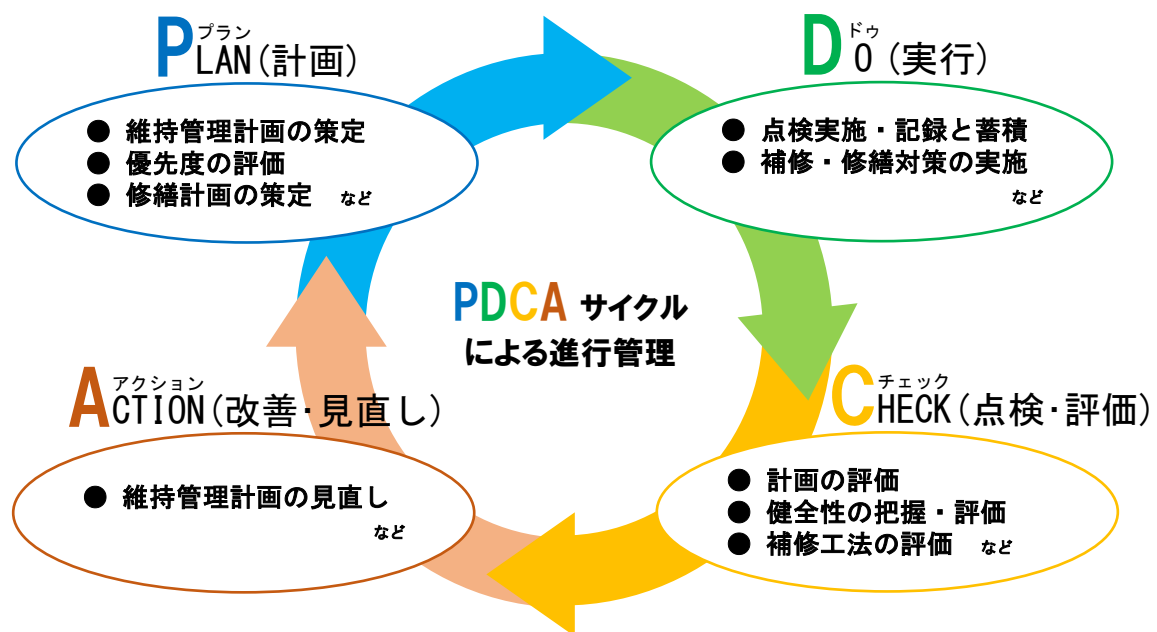


図5 PDCAサイクル

表 5-13 維持管理計画スケジュール (10 年間)

項目	2020年度	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
定期点検 (1回/5年)										
維持管理計画	策定									
	見直し (予定)									
措置 (対策)	修繕等				←—————→					

~~~~~

## 四万十市道路トンネル維持管理計画

施行日：令和2年7月1日

編集・発行：四万十市

■まちづくり課

〒787-8501 高知県四万十市中村大橋通4丁目10

電話 0880-34-1111（代）

■西土佐総合支所 産業建設課

〒787-1601 高知県四万十市西土佐江川崎 2445-2

電話 0880-52-1111（代）